научно–аналитический журнал

«ИННОВАЦИИ и ИНВЕСТИЦИИ»

№6 2026

Подписной индекс Роспечати: 65039
ISSN 2307-180X

Издается с 2004 года

Выходит ежемесячно

Журнал входит в Перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-63555
от 30 октября 2015 г.

Учредитель: *ООО «Русайнс»*
117218, Москва,
ул. Кедрова, д. 14, корп. 2

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Абдикеев Нияз Мустякимович, д.т.н., проф., директор ИППиИР (Финуниверситет);
Агеев Олег Алексеевич, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, директор НОЦ «Нанотехнологии» (ЮФУ);
Бакшеев Дмитрий Семенович, д.т.н., проф., (вице-президент РИА);
Буров Михаил Петрович, д.э.н., проф. кафедры региональной экономикии управлегния природными ресурсами (Государственный университет землеустройства);
Величко Евгений Георгиевич, д.т.н., проф., проф. кафедры строительные материалы и материаловедение (НИУ МГСУ);
Гусев Борис Владимирович, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, президент (РИА);
Демьянов Анатолий Алексеевич, д.э.н., зам. директора Департамента транспортной безопасности (Минтранс РФ);
Добшиц Лев Михайлович, д.т.н., проф., проф. кафедры строительные материалы и технологии (РУТ (МИИТ));
Егоров Владимир Георгиевич, д.и.н., д.э.н., проф., первый зам. директора (Институт стран СНГ);
Кондращенко Валерий Иванович, д.т.н., проф., проф. кафедры строительные материалы и технологии (РУТ (МИИТ));
Левин Юрий Анатольевич, д.э.н., проф. (МГИМО);
Лёвин Борис Алексеевич, д.т.н., проф., президент (РУТ (МИИТ));
Ложкин Виталий Петрович, д.т.н., проф. (Технологический институт бетона и железобетона);
Мешалкин Валерий Павлович, д.т.н., проф., акад. РАН, зав.кафедрой логики и экономической информатики (РХТУ им. Д.И. Менделеева);
Поляков Владимир Юрьевич, д.т.н., проф., проф. кафедры мосты и тоннели (РУТ (МИИТ));
Попова Елена Владимировна, д.т.н., проф., проф. кафедры теории менеджмента и бизнес-технологий (РЭУ им. Г.В. Плеханова)
Саурин Василий Васильевич, д.ф.-м.н., проф. (Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН)
Сильвестров Сергей Николаевич, д.э.н., проф., засл. экономист РФ, Департамент мировой экономики и мировых финансов (Финуниверситет);
Соколова Юлия Андреевна, д.т.н., проф., ректор (ИНЭП);
Челноков Виталий Вячеславович, д.т.н. (РИА)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ:
Палениус Ари, проф., директор кампуса г. Керава Университета прикладных наук Лауреа (Финляндия)
Джун Гуан, проф., зам. декана Института экономики и бизнес-администрирования, Пекинский технологический университет (Китай)
Кафаров Вячеслав В., д.т.н., проф. Universidad Industrial de Santander (Колумбия)
Лаи Дешенг, проф., декан Института экономики и бизнес-администрирования, Пекинский технологический университет (Китай)
Марек Вочозка, проф., ректор Технико-экономического института в Чешских Будейовицах (Чехия)
Она Гражина Ракаускиене, проф., Университет им. Миколаса Ромериса (Литва)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Афанасьев Михаил Юрьевич, д.э.н., проф., зав. лабораторией прикладной эконометрики (ЦЭМИ РАН);
Афанасьев Антон Александрович, д.э.н., проф., вед. научн. сотр. лаборатории социального моделирования (ЦЭМИ РАН);
Брижак Ольга Валентиновна, д.э.н., доц., проф. Департамента экономической теории (Финуниверситет);
Валинурова Лилия Сабиховна, д.э.н., проф., зав. кафедрой инновационной экономики (БашГУ)
Касьянов Геннадий Иванович, д.т.н., проф., засл. деят. науки РФ, (КубГТУ);
Колесников Андрей Викторович, д.э.н., проф., чл.-корр. РАН, проф. Департамента бизнес-информатики (Финуниверситет);
Коровин Дмитрий Игоревич, д.э.н., проф., проф. Департамента анализа данных и машинного обучения (Финансовый университет при Правительстве РФ);
Косарев Владимир Евгеньевич, к.т.н., доц. Департамента анализа данных и машинного обучения (Финуниверситет);
Соловьев Владимир Игоревич, д.э.н., проф., заведующий кафедрой "Прикладной искусственный интеллект" (МТУСИ);
Криничанский Константин Владимирович, д.э.н., проф. кафедры финансовых рынков и финансового инжиниринга, главный научный сотрудник Института финансовых исследований (Финуниверситет);
Лавренов Сергей Яковлевич, д.полит.н., проф. (Институт стран СНГ);
Ларионов Аркадий Николаевич, д.э.н., проф., проф. кафедрой экономики и управления в строительстве (МГСУ);
Ларионова Ирина Владимировна, д.э.н., проф. Департамент финансовых рынков и финансового инжиниринга (Финуниверситет);
Мазур Наталья Зиновьевна, д.э.н., проф., проф. кафедры инновационной экономики (БашГУ);
Мумладзе Роман Георгиевич, д.э.н., проф., (РГАЗУ);
Никишкин Валерий Викторович, д.э.н., проф. (РЭУ им. Г.В. Плеханова);
Носова Светлана Сергеевна, д.э.н., проф. (НИЯУ МИФИ);
Сулимова Елена Александровна, к.э.н., доц. (РЭУ им. Г.В. Плеханова);
Тихомиров Николай Петрович, д.э.н., проф., засл. деят. науки РФ, проф. кафедры математических методов в экономике (РЭУ им. Г.В. Плеханова);
Тургель Ирина Дмитриевна, д.э.н., проф., зам. директора по науке ВШЭиМ (УрФУ им. Б.Н. Ельцина);
Юденков Юрий Николаевич, к.э.н., доц., (МГУ им. М.В. Ломоносова)

Главный редактор:
Сулимова Е.А.,
канд. экон. наук, доц.

Адрес редакции:
117218, Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2
Сайт: www.innovazia.ru
E-mail: innovazia@list.ru

Отпечатано в типографии ООО «Русайнс»,
117218, Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2
Подписано в печать 30.06.2026.
Тираж 300 экз. Формат А4. Свободная цена

Все материалы, публикуемые в журнале, подлежат внутреннему и внешнему рецензированию

Содержание

УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ

Развитие инновационной инфраструктуры на основе цифровой трансформации. Денисенко Е.В., Губернаторов А.М. ... 5
Современная институциональная среда и инновационная инфраструктура Владимирской области. Денисенко Е.В. ... 8
Государственные проекты по формированию и поддержке инновационно-промышленных кластеров нефтехимической специализации: сравнительный анализ опыта Республики Башкортостан и Республики Татарстан. Дядченко Д.В., Нечаева Е.Н. ... 12
Развитие инновационной деятельности на основе искусственного интеллекта в государственных учреждениях. Коготкова И.З., Орлова Д.А., Сороко Г.Я. ... 16
Роль социально-психологического климата в инновационном поведении сотрудников: управленческие стили и эффективность организационных трансформаций. Соколова И.А., Зенкова Т.Ю. ... 20
Пути повышения инновационного потенциала российской отрасли возобновляемой энергетики с позиции технологического суверенитета: на примере ветроэнергетической отрасли. Хай Цзинсянь ... 24
Цифровые маркетинговые стратегии инновационных медицинских компаний в условиях регулируемого рынка государственных закупок. Шмелев Е.П. ... 28
Цифровая трансформация и радикальные инновации: анализ листинговых производителей Китая. Юань У, Болонин А.И. ... 31
Коммерциализация инноваций: сущность и ключевые характеристики. Казакова О.Б., Гоголев В.Ю. ... 35
Управление инновационным проектом производства сверхтвёрдых материалов в условиях цифровизации. Ширяева Л.С. ... 39

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Инвестиционная привлекательность проектов КРТ. Комолова А.В., Попов С.Е., Дмитриев К.А., Русанов Д.А., Боровых А.Н. ... 42
Нормативно-институциональные условия цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса на основе BIM/ТИМ. Малахов Р.В. ... 45
Оптимизация инвестиционных затрат в дорожном строительстве на основе точных инженерно-геологических данных. Николаева Г.О., Уваров Э.В. ... 50
Инвестиционная активность бизнеса в РФ: направления трансформации. Овечкина А.И., Петрова Н.П., Присяжная Р.И. ... 53
Математическая модель оценки инвестиционной безопасности предприятий в условиях внешних шоков. Фурунджи А.Р. ... 56
Институциональная трансформация отечественного рынка инновационных инвестиций в условиях технологического суверенитета. Шушунова Т.Н., Шпилькина Т.А., Гринев Н.Н., Николаева Н.Ю. ... 60

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ ЭКОНОМИКИ

Историографический обзор развития промышленной политики в СССР и Российской Федерации. Акчурин Р.И. ... 64
Оценка и управление стоимостью кредитного портфеля российского банка в условиях санкционной экономики. Иноземцев А.С. ... 67
Организационно-экономический механизм: понятие, содержание и роль в управлении. Лапшин И.С. ... 70
Влияние цифровизации на трансформацию современной экономической системы. Мингалеева Э.А. ... 74
Адаптивная модель прогнозирования рисков внешнеэкономической деятельности в системе государственного регулирования ЕАЭС. Нефедов П.А. ... 77
Трансформация теорий управленческого решения в эпоху искусственного интеллекта: концептуальный обзор и сценарная модель гибридного управления. Скворцова И.В., Нурулин Ю.Р., Сомов А.Г. ... 80
«Серебряная экономика» - концепция и реальность. Тесленко И.Б. ... 84

МИРОВОЙ ОПЫТ

Новые центры силы в глобальной энергетике: технологическое превосходство как фактор лидерства в эпоху энергоперехода. Арасланов Р.Ф. ... 87
Мировая структура экспорта нефти и газа. Бочарников И.А. ... 90
Потенциал углубленной переработки древесины как драйвера интеграции российских предприятий лесопромышленного комплекса в трансграничные цепочки добавленной стоимости. Веснин А.С. ... 94
Особенности операционной архитектуры внебиржевых торгов в странах мира и их влияние на инвестиционные потоки. Евдокимов А.Д. ... 98
Роль электронных торговых платформ Китая в трансформации международной торговли в условиях цифровизации. Заболоцкая В.В., Мухамеджанова И.И. ... 103
Технологическое предпринимательство в цифровой экономике: вопросы безопасности. Короткова О.В. ... 107
Влияние геополитических ограничений на ценовую фрагментацию на рынке нефти: анализ спредов Brent–Urals–Dubai. Лещинский Д.Ф. ... 109
Многогранное влияние искусственного интеллекта на мировую экономику и общество. Лю Вэньбо, Львин Ю.М., Сенькив И.О. ... 112
Особенности текущих тенденций и динамика изменения потребительских предпочтений на глобальном рынке безалкогольных напитков. Менейлюк М.А. ... 115
Зарубежный опыт организации автомобильной промышленности в КНР. Меренков А.О. ... 119
Влияние ИИ-систем на мировой рынок труда. Морозов В.А., Чантурия И.Д. ... 122
Центральная Азия как агропромышленный хаб для иностранных инвесторов: институциональные условия, логистика и продуктовая стратегия выхода на рынки ЕАЭС. Клепикова Н.А., Муртузалиева С.Ю. ... 126
Адаптация стратегии логистической компании к фрагментации цепочек поставок в Тихоокеанской Азии: от глобальной оптимизации к региональной устойчивости. Палецкая Е.В. ... 129
Информационный анализ экономики стран Европы на основе данных о ВВП. Пичугин Ю.А., Пушкина В.П., Филимонова Е.Г. ... 133
От заимствования образцов к собственной модели: качественный переход национальных экономик в мировом хозяйстве. Серегина А.А. ... 136
Ключевые направления трансформации рынка электронной коммерции США. Слицкая А. ... 140
Адаптация гибкого проектного управления в условиях удаленной работы. Павловский П.В., Фомина Ю.А., Махалина О.М., Гаврилин Е.А., Порядина А.А. ... 144
Оценка потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности: энтропийная методика построения индекса и её апробация на примере Китая, США, Германии и Японии (2008–2023 гг.). Фу Бинцзе. ... 147
Глобальные рейтинги конкурентоспособности: сравнительный анализ и системные пробелы. Шиликов Н.С., Хлопцов Д.М. ... 151
Инновационно-технологическая стратегия компании British Petroleum (BP) в условиях четвёртого энергоперехода. Попадько Н.В., Мирхоленко Д.Д. ... 156
Страны Северной Африки как новые игроки в рамках трансформации мировой энергетики. Федорова В.А., Головко Е.Е., Денщикова М.В. ... 160
Роль Карабахского региона в формировании «зелёной» энергетики Азербайджана. Полаева Г.Б., Гезалов Н.А. ... 164

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ. МЕНЕДЖМЕНТ. МАРКЕТИНГ

Организационно-экономический механизм управления цифровой трансформацией организации на основе нейросетевого контура поддержки управленческих решений. Алаев А.С. ... 169
Стратегическое планирование и маркетинг в сфере образовательных услуг: анализ, позиционирование и диверсификация. Аруна. ... 173
Влияние цифровых двойников на операционную эффективность производственных систем в промышленности. Булыгина А.В. ... 176
Трансформация образовательной среды в новых условиях обучения: влияние искусственного интеллекта на цифровизацию образования. Гармашук Э.Э. ... 181
Проблема цифровизации управленческих бизнес-процессов организации. Гладышев И.Д. ... 184
Модель управления цифровыми коммуникациями в организации в условиях персонализации. Гредескул А.А. ... 188
Реинжиниринг бизнес-процессов: новые возможности в современных реалиях. Гусева М.Н., Лиштаба А.В. ... 191
Этапная модель агрегирования рисков стартап-проектов медицинского искусственного интеллекта. Евстафьев Г.Д., Мызникова М.Н. ... 195
Новый потребительский патриотизм: лояльность как стратегический ресурс маркетинга в условиях импортозамещения (на примере рынка продуктов питания). Зверев А.В. ... 199
Текучесть персонала в коммерческих банках в условиях цифровизации: технологические решения и их пределы. Зубов Н.Р. ... 203
От сквозной видимости к превентивным решениям: сценарно-аналитическая модель управления цепями поставок в закупочной деятельности. Ивлев Е.С. ... 206
Корпоративная культура как инновационный стратегический бизнес-актив компании в условиях цифровой трансформации. Киракосян А.В., Рассказова И.Н. ... 210
Теоретические подходы к формированию методологии ESG-управления в цифровой экономике. Кочнев С.А. ... 214
Управление человеческими ресурсами в зеленом туризме. Соломина И.Ю., Немчинова Е.Е., Лебедев К.А. ... 218
Реляционная концепция управления межорганизационными отношениями на основе инновационных способностей. Лебедева Д.В. ... 221
Актуальные проблемы и перспективные инструменты корпоративной социальной ответственности. Свистунов В.М., Маслов К.П. ... 225
Анализ экономических механизмов регулирования стриминговых сервисов. Матвеева Т.А. ... 229
Особенности использования ИИ-сервисов в системе управления промышленным предприятием. Мухамедияров Э.Р. ... 232
Инновационный менеджмент как стратегический контур управления знаниями в условиях цифровой трансформации предприятий малого и среднего бизнеса. Мухамедов И.М. ... 236
Теоретико-методологические аспекты интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдинговыми структурами. Нагорный К.А., Коваленко И.В., Яблоновский П.П. ... 239
Управление коммуникационным взаимодействием участников разработки программ корпоративного обучения. Панферов Е.В., Карамян И.Р. ... 243
Экономическая эффективность внедрения корпоративных ИИ-ассистентов на основе отечественных больших языковых моделей: оценка ROI и совокупной стоимости владения в условиях импортозамещения. Поначугин А.В., Барков Е.А., Цыпленков Н.О. ... 247
Цифровая трансформация управления строительными проектами: экономические эффекты и барьеры. Романова И.В. ... 251
Организационно-экономический механизм оптимизации производственной деятельности объектов повышенной опасности посредством динамического риск-менеджмента. Рябов В.В. ... 254
Влияние информационной прозрачности на потребительское доверие и экономические результаты бизнеса. Терешков А.Ю., Андреев В.И. ... 258
Методический подход к количественной оценке информационного риска в экономическом пространстве промышленной организации. Филиппов П.О. ... 262
Трансформация управленческих компетенций в условиях формирования цифровой экосистемы предприятия. Силакова В.В., Чичин И.А. ... 267
Границы фирмы в эпоху ИИ: развитие теории трансакционных издержек на примере металлургии. Шахова М.С., Груздева Е.В., Михайлова Л.А., Локтева К.Н. ... 270
Подходы к управлению интеллектуальной собственностью в креативных индустриях. Яковлев А.В. ... 274
Стратегическое управление промышленными предприятиями: сущность, эволюция и современные тенденции. Савосина С.А. ... 279
Русский код в брендинге и рекламе как культурный и коммуникационный феномен. Александрова Н.А., Глушкова Е.Е. ... 284

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛЕЙ И РЕГИОНОВ. ГОСУДАРСТВЕННОЕ И МУНИЦИПАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Региональное развитие туризма: инструменты планирования и управления ресурсами. Бобков П.А. ... 289
Перспективы применения цифровых технологий в строительной отрасли. Выродова И.Г., Кохарев С.Е., Попова Е.Г., Линник С.В., Вольхин Д.Е. ... 292
Региональная специфика и механизмы управления устойчивым развитием рынка жилой недвижимости городов-миллионников СФО. Гроо К.А. ... 295
Современные подходы к развитию научно-промышленной индустрии в условиях Крайнего Севера. Ильвицкая С.В., Данченко А.Ю., Сизова А.Д. ... 298
Технологический суверенитет как фактор реализации ESG-стратегий и достижения целей устойчивого развития. Дегтярёва В.В., Ян Цзюньцзе ... 302
Методологический подход к оценке коммерческой привлекательности мусороперерабатывающих электростанций в условиях перехода к циркулярной экономике. Халидов И.А., Ефимкина М.С. ... 305
Развитие электронной коммерции в Африке: возможности и проблемы для трансформации розничной торговли. Икенеджи Чуквуэмека Дэвид ... 310
Методический подход к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений. Кильдюшов Е.В., Маринина О.А., Любек Ю.В. ... 314
Кузбасс в новой реальности: вызовы и возможности для устойчивого развития ресурсных регионов России. Киреев А.В., Клюкина Д.В., Атласов Н.Е. ... 318
Теоретический анализ влияния миграции на социально-экономическое развитие регионов. Киреев А.В., Клюкина Д.В., Атласов Н.Е. ... 321
Цифровая трансформация и операционная эффективность предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана. Койменкеев Д. ... 323
Цифровая трансформация строительной отрасли: внедрение систем управления проектами (MS Project, Primavera, Spider Project и др.). Крашенинников В.М. ... 326
Инструментальная иллюзия обеспеченности в цифровой трансформации управления внутренними процессами промышленных предприятий. Кузнецов К.В. ... 329
Информационные риски в цифровом здравоохранении: вызовы для экономической безопасности. Левашов Л.В. ... 332
Инструменты стратегического планирования на предприятиях ИТ-отрасли: систематизация, сравнительный анализ и специфика применения. Мысева Е.Р. ... 336
Использование цифровых технологий на предприятиях российского агропромышленного комплекса: управленческий подход. Неганова В.П., Кулькова И.А. ... 340
Методика оценки устойчивого развития региональных экономических систем: опыт апробации на материалах Южного федерального округа. Осетров М.А. ... 344
Эмпирический анализ динамики эффективности управления нематериальными активами в российских регионах в период перехода к инновационной экономике. Петренчук М.Д., Брылов П.А., Фраймович А.Д. ... 346
Единая экосистема Черноземья: преимущества и риски (SWOT-анализ). Полонов А.А. ... 349
Формирование портфеля инвестиций страховой компании на рынке медицинского страхования. Родионова Л.Н., Можаев А.Ю. ... 352
Инструменты мониторинга экономической безопасности региона в условиях современных вызовов. Рябинин В.И. ... 355
Формирование модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики. Тебекин А.В., Досугова А.В. ... 358
Спортивные услуги как фактор устойчивого развития регионов: концептуальный разрыв и система индикаторов. Хабаров Д.А. ... 361
Мониторинг и оценка развития АПК Краснодарского края. Халяпин А.А., Ильенко В.А., Горулько Ю.А., Юрченко Е.Н. ... 365
Роль гидроэнергетического потенциала Сибири в обеспечении экспортной конкурентоспособности российского алюминия на рынках Азии. Шаповалов К.В. ... 369
Кооперация нефтегазового сектора и авиации для преодоления вызовов при реализации программы CORSIA в России и мире. Бойко Д.С., Арсеньев Н.М. ... 373
Технологический суверенитет как условие устойчивого развития нефтяной отрасли Восточной Сибири. Крайнова Э.А., Яновская В.А. ... 376
Концепция специализированного «единого интегратора» российской медицинской техники для импортоопережения в медицинской промышленности: организационно-правовая модель на базе автономной некоммерческой организации. Бронников А.М. ... 380
Социальная ответственность бизнеса в эпоху структурной перестройки: концептуальная модель влияния на национальную устойчивость. Никонов Е.И. ... 384
Методика оценки влияния цифровых платформ на темпы инновационного развития компаний. Семешкин Н.И. ... 387
Управление международным бизнесом в России в условиях турбулентности. Новыйдарский Д.А. ... 389

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Метрика верности намерения для оценки качества систем модификации цифровых двойников на основе естественного языка. Азеева А.А. ... 392
Методы и архитектура реализации автономной системы распознавания и перевода речи во встраиваемых устройствах на основе искусственного интеллекта. Аушев А.А., Цуроев И.М., Катиева Л.М., Евлоев И.Т. ... 395
Переработка свинцово-цинкового концентрата гидрометаллургической обработкой в растворе азотной кислоты. Бадалов Д.Н., Исоева А.Т., Самихзода Шонаруз Рахим.. 397
Методика формирования событийной истории фонда скважин для анализа выживаемости в задачах оптимизации планово-предупредительных ремонтов. Бородинов М.А. ... 400
Комплексный анализ вертикальной миграции нефти и нефтепродуктов в почвенном покрове, фитотоксического эффекта и биологической активности почвы. Цмокалюк Н.М., Волосникова Г.А., Медведев Д.Г. ... 403
Оценка влияния антропогенных и сезонных факторов на качество воды реки Амур в районе г. Хабаровск. Цмокалюк Н.М., Волосникова Г.А., Медведев Д.Г. ... 407
Сравнительный анализ систем генерации горячей воды на основе альтернативных источников энергии для объектов общественного питания. Дикарев Г.А., Веселова Н.М. ... 411
Генетико-адаптивная методика оценки и управления рисками информационной безопасности телекоммуникационных сетей. Димов Р.В., Романников А.Н. ... 415
Интенсификация режимов вибрационного фильтрования суспензий осадка сточных вод при их утилизации. Гордеев Е.Н., Кузьминых О.В., Добринская А.А., Юрьев Ю.Ю. ... 418
Методология развития мультисенсорных приборов и теорий о мультисенсорности в современных условиях. Епифанцев К.В. ... 422
Исследование перспектив организации мест накопления ТКО в жилой застройке на основе сравнительного анализа г. Волгограда и г. Ташкента. Карпушко Е.Н., Щекочихина Е.В., Павлова И.А., Нематжонов А.Н., Ульянов Н.С. ... 426
К вопросу теории надежности технического состояния для диагностирования и оценки ледовых автомобильных дорог и переправ. Квитко А.В. ... 429
Определение коэффициента фильтрации **волокнистого полимерного** сепаратора для очистки нефтесодержащих сточных вод. Корнеева Е.А. ... 432
Испытание тонкослойного модуля новой конструкции для очистки сточных вод предприятия по производству литий-ионных аккумуляторов. Лю Сюэлян, Федоров С.В. ... 435
Обусловленность структуры многоуровневой компиляции внутренним представлением на примере JIT-компиляторов RyuJIT и HotSpot. Мухамедьяров А.А. ... 438
Методика расчёта напряжённого состояния и оценки ресурса нервюры руля направления из композиционных материалов. Олимов Б.А., Кошкина А.О. ... 441
Система проверки и учета работ по линейной алгебре. Аман Е.Э., Пушкина В.П., Титов В.Е. ... 445
Применение архитектуры u-net с предобученными энкодерами для сегментации дефектов металлических поверхностей. Толстых В.О. ... 448
Польза SOC в противодействии современным APT атакам. Шаров Г.К. ... 451

ФИНАНСЫ. НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ. СТРАХОВАНИЕ

Прослеживаемая учетно-информационная модель агробизнеса как инновационный механизм формирования бухгалтерской отчетности. Борисов А.С. ... 455
Отраслевая асимметрия устойчивости глобальных цепочек стоимости в условиях геоэкономического давления. Ван Чэнь ... 459
Импульсивное финансовое поведение домохозяйств в цифровой среде: механизмы формирования и инструменты ограничения. Галаев Н.Н. ... 463
Прогнозирование динамики кредитного портфеля банковского сектора рф на трёхлений период (2026-2028 гг.). Ахмедов Ф.Н., Казанков Д.К. ... 467
Моделирование волатильности финансовых доходностей: обзор методов и подходов . Колтышев Е.Е. ... 470
Применение цифровых финансовых сервисов для повышения финансовой устойчивости населения. Комольцев М.О., Лагутин М.А. ... 474
Роль экосистем в продвижении банковских продуктов для субъектов малого и среднего предпринимательства. Котляров С.А. ... 477
Долгосрочные эффекты повышения ключевой ставки для экономического роста регионов. Лашков Е.И. ... 481
Эволюция и современные тенденции развития хедж-фондов. Ломоносов А.А. ... 485
Использование Открытых API в банковской сфере России. Маркова О.М. ... 489
Проблемные аспекты оценки стоимости инновационных компаний в рамках pre-IPO. Рабовил И.Б. ... 493
Учетно-аналитическое обеспечение управления добавленной стоимостью в зеленом туризме. Соломина И.Ю., Бастрыкина Т.С., Остапчук Т.В. ... 497
Разработка и апробация алгоритма интеллектуальной приоритизации платежей в условиях ограниченной ликвидности (на примере предприятий нефтесервисного сектора). Шаймарданова А.А., Ермаков В.А. ... 500
Гармонизация денежно-кредитной и макропруденциальной политик в целях минимизации разрыва выпуска: Dsge-M-Fs подход с функцией потерь регулятора. Яковлев Н.Д. ... 503

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, СТАТИСТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Оценка экономической эффективности внедрения системы поддержки принятия врачебных решений в нейроонкологии. Аллити Д.Б., Безручко Д.С., Ильин И.В. ... 507
Коэффициент покрытия непостоянных потерь как инструмент оценки эффективности стратегии предоставления ликвидности (на примере Uniswap V3). Андреев М.С. ... 511
Экономико-математическая модель распределения экономических событий по экстремальным значениям. Багинов И.П., Бурлов Д.Ю. ... 515
Методика формирования производных геопространственных признаков и построения модели машинного обучения для оценки потенциала локации объектов розничной торговли. Байдин П.И., Шванкин А.М. ... 519
Сравнительный анализ моделей принятия решений: традиционные и основанные на машинном обучении. Варзар К.О. ... 523
Технический анализ рынка ценных бумаг. Гришин С.В. ... 526
Анализ динамических моделей взаимодействия экономических систем. Губарева Е.А. ... 528
Применение методов обнаружения сообществ в транзакционных графах к задаче управления стабильностью депозитной базы банка: систематический обзор. Девятаев Д.Н., Киселева И.А. ... 533
Гетерогенность каузального эффекта транзакционного замыкания на стабильность депозитной базы банка: анализ по отраслям, регионам и размеру сообществ. Девятаев Д.Н., Киселева И.А. ... 537
Сравнительный анализ жёсткой и нечёткой кластеризации для rfm-сегментации клиентов электронной торговли на основе открытых данных. Дудин Е.Е., Воронин Б.В., Рассанов И.С. ... 541
Разработка методического подхода к прогнозированию рисков реализации производственных проектов на основе нейросетевого анализа данных. Дунаев П.В. . 545
Особенности работы с данными в продовольственном ритейле. Дюканов Д.В. ... 549
Применение дифференциальных уравнений при имитационном моделировании бизнес-процессов в Anylogic. Климук Е.А. ... 551
Стилизованные факты финансовых временных рядов и их учет в моделях распределения доходностей. Колтышев Е.Е. ... 555
Большие данные как инструмент инновационной трансформации методологии экономических исследований. Крылов А.Б. ... 559
Подходы к решению задач маршрутизации транспорта на основе методов машинного обучения и гибридных моделей. Майоров Е.Е. ... 563

Методический подход к принятию инвестиционных решений в условиях нечетких предпочтений и размытой исходной информации. Наников И.Я. 566
Визуально-сравнительный подход к изучению пределов и неопределённостей. Титов В.Е. 571
Дифференциально-игровая модель олигополии с НИОКР и перетоками знаний. Ткачев С.А. 575
Сравнительный анализ методов машинного обучения в задаче прогнозирования частоты энергосистем. Угрюмов И.А., Царькова Н.И. 580
Эконометрическое моделирование спроса на полимерные трубы в России в условиях волатильности строительного рынка: сценарный подход. Хакки Аднан Мухаммад Али, Сидоркин А.А. 583

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

Деятельность реставраторов по ревитализации архитектурных памятников Казани. Яо Любовь ., Еманова Ю.Г., Яо М.К., Антонов И.Г. 587
Региональные особенности современной архитектуры зданий и сооружений палестины. Абдраббо Ахмед Осама Мохаммед 591
Трансформация машрабии как климатоориентированного архитектурного принципа в современной фасадной архитектуре. Аль Рабади Рана Башир Еид 595
Экономическая эффективность внедрения энергоэффективных технологий в капитальном ремонте многоквартирных домов в Российской Федерации. Архипова А.Ю., Боченко И.В., Костин Д.С., Скалозуб В.А., Желнинский В.А. 600
Повышение эффективности строительного производства за счёт оптимизации логистики материально-технических ресурсов на строительной площадке. Березкин И.Д., Карачаева Н.Д., Смирнов Г.Д., Земских К.А., Бидов Т.Х. 602
Организационно-технологические методы повышения энергоэффективности капитального ремонта многоквартирных жилых зданий. Березкин И.Д., Карачаева Н.Д., Смирнов Г.Д., Земских К.А., Бидов Т.Х. 605
Анализ технологических нарушений при устройстве кабельных линий 0,4–10 кВ в условиях плотной городской застройки. Гарипова К.М. 608
Обоснование выбора технологий устройства кабельных линий в условиях плотной городской застройки с учетом нормативных ограничений. Гарипова К.М. 612
Целостность сакрального пространства в постсоветской России 1991–2025гг. Бик О.В., Лаврентьев А.А., Лаврентьев И.А., Насыров Н.Р. 616
Градостроительный анализ территории малой столицы: оценка потенциала и структурные проблемы г. Магас. Бочкарева Т.В. 619
Методика оценки градостроительного потенциала территории малой столицы (на примере г. Магас). Бочкарева Т.В. 623
Исследование современных энергоэффективных технологических решений при реконструкции систем теплоснабжения многоэтажного жилого здания. Кустикова Ю.О., Бубырь А.А. 626
Инновационный потенциал аддитивных технологий на основе серобетонных смесей в дорожном строительстве России. Семенов Г.И., Миронов Н.С., Васильев Ю.Э. 630
Особенности оценки несущей способности призматических железобетонных свай заводского изготовления при проектировании фундаментов многоэтажных зданий на слабых грунтах. Дегтерева Е.Э., Дурягин К.М., Осокин А.И. 633
Влияние логистики поставок на динамику выполнения отделочных работ. Методы цифровой корректировки графиков работ. Захарова Е. 636
Концепция «город-парк» в архитектуре современных культурно-спортивных центров (на примере Китая). Ивина М.С., Сюй Ипин 639
Современные технологии устройства и мониторинга подземных сооружений в условиях плотной городской застройки. Иошкин В.А. 643
Формирование критериев строительного контроля на основе требований СП 543 в условиях городской застройки. Иошкин В.А., Помозов Г.В. 646
Повышение эффективности благоустройства общественных пространств на этапах жизненного цикла реализации проекта. Карахова С.А., Гайдашенко И.И., Брусенцев А.А., Идиятова А.А., Боровкова А.Е. 650
Технологический паспорт рециклинга как инструмент организационно-технологического управления строительными отходами при сносе зданий. Тускаева З.Р., Киргуева Д.П. 654
Технологии усиления несущих конструкций при реконструкции зданий. Константинов Д.С., Малышев Н.С., Верченко С.В., Хмеленко А.П., Силачёва Д.Д. 657
Организация строительной площадки и её влияние на сроки и качество строительства. Константинов Д.С., Малышев Н.С., Верченко С.В., Хмеленко А.П., Силачёва Д.Д. 659
Применение безрулонных монолитных кровель из самоуплотняющегося бетона при капитальном ремонте многоквартирных домов. Коротеев Д.Д., Харитонова М.С. 661
Оценка сейсмостойкости железобетонных каркасных зданий с коррозионными повреждениями арматуры в колоннах. Кудрявцев М.В., Инюшина К.П., Чендев Ф.Ю. 665
Ревитализация индустриального наследия как инструмент трансформации городской среды Калининграда. Городова М.Н., Лисицына А.К., Ершова В.А. 668
Архитектурный подход к визуализации данных в цифровых двойниках городской среды. Лютенко И.В., Сукин И.А. 671
Оптимизация логистических потоков предприятия методами системного анализа и средствами Python. Майоров Е.Е. 675
Методика расчета тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции. Малыгина О.А., Салуквадзе Г.В., Баев Е.А. 678
Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения и вентиляции при реконструкции жилых зданий. Малькова С.Р., Порываев Н.С., Попов С.Е., Малышев Н.С., Леонов К.В. 682
Возведение станций метрополитенов в глубоких котлованах (на примере станции Терехово). Манько А.В., Малькова А.С. 684
Совершенствование оценки качества работ при возведении монолитных зданий. Махамат Хашим Киджей, Михайлова Е.В. 688
Факторы, влияющие на формирование проектирования велнес-центров в городах-курортах, обладающих статусом локального центра. Балакина А.Е., Махно А.А. 691
О проблеме усиления верхней зоны стенки стальной подкрановой балки с усталостными трещинами. Михаськин В.В. 695
Реинжиниринг, оптимизация и адаптация в строительстве. Михеев Г.В., Гонтарь М.Г., Нархова С.Е., Абрамцев Е.Г., Вольхин Д.Е. 699
Восприятие сооружений в структуре рельефа в ландшафтной архитектуре Медведева О.А., Панчук Н.Н. 702
Ингибиторная защита строительных металлоконструкций от коррозии. Чурикова В.И., Паренкина Я.Д., Габова В.В., Фомичев В.Т., Чичерина Г.В. 705
Распределение усилий в многоярусной свайно-анкерной конструкции при локальном приложении нагрузок на террасы. Пашов С.Н. 710
Развитие интерьера общей комнаты. Пятков А.С. 713
Расчет термонапряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых оснований зданий с учетом аварийных утечках из коммуникаций. Рабинович М.В. 717
Исследование и разработка волновой технологии строительства хранилищ экологически опасных отходов в многолетнемерзлых породах Крайнего Севера. Русаков И.В., Бухаров А.В., Ситников В.М. 720
Влияние микрокремнезема на свойства высокопрочного бетона в Сирии. Хамуд Сафаа, Чеве Калуба, Рынковская М., Йорданос Могсе Гирма 723
Влияние технологии восстановления дорожной одежды на транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги. Швачёв Д.П., Шапошников Е.В., Солдатов А.А., Яшин С.О., Лозикова Ю.Г. 727
Интеграция систем безопасности: роль МЧС России в обеспечении защиты территорий в условиях цифровой трансформации городской среды. Степанова И.А. 731
Условия строительства на поверхности Марса с точки зрения ионизирующего излучения. Флоренский В.М., Белов В.В., Морозенко А.А. 735
Сейсмическое районирование Марса. Флоренский В.М., Белов В.В., Черкасова Л.И. 739
Исследование температурных деформаций газопроводов и компенсирующей способности отводов. Ефремова Т.В., Фролов В.Н. 743
Обеспечение сохранности окружающей застройки при новом строительстве в условиях плотной городской застройки. Чередниченко Т.Ф., Тухарели В.Д., Бурняшева Е.И. 745
Комплексный подход к реконструкции зданий на основе цифровых двойников: сочетание BIM-моделирования и наземного лазерного сканирования. Шиховцов А.А., Чистобаева С.Б., Чистобаев М.Н., Свинцицкий Д.Л., Попова Е.Г. 749
К вопросу об определении нелинейной жёсткости железобетонного ограждения котлована. Колесник Д.С., Шеина Е.А., Башмаков И.Б., Осокин А.И. 752
Математическая модель прогрева бетона методом греющих проводов. Шихшинатова М.М. 757
Архитектурно-пространственная трансформация и модернизация инфраструктуры морского круизного туризма в России: системный аналитический обзор научно-теоретической базы. Шлепцова А.Ю., Сабитов Л.С., Набиуллина К.Р. 761
Совершенствование метода проектирования фундаментов реконструируемых зданий при их усилении сваями с учетом осадок, не превышающих допустимые пределы. Полищук А.И., Шмидт О.А., Харитонов А.Ю. 765
Анализ нарушений при монтаже инженерных систем по данным цифровой системы фиксации замечаний строительного контроля и его применение для настройки риск-ориентированных процедур контроля (на примере БЦ SLAVA-4, МОСКВА). Шахраманьян А.М., Шокиров М.Ш.О. 769
Современные подходы к архитектурной организации медико-психологических реабилитационных центров для больных ПТСР. Романов Д.А., Шуманская Е.В. 773
Экологическая архитектура Северного Кавказа сегодня: проблемы и перспективы. Баликоев А.А., Лукомская А.В., Погосова А.Г., Тедеева А.А., Цавкаева В.Х. 777
Геометрия зданий архитектурного комплекса "Москва-Сити" с точки зрения компьютерного 3D-моделирования. Иващенко А.В., Ваванов Д.А. 780
Методология применения локальных очистных сооружений для очистки поверхностного стока автомобильных дорог (на примере участка А-122). Вязова Е.В., Григорьев С.Г., Григорьева С.Г., Еремеева С.С., Бичурина С.У. 782
Идеальный Город Тевтонского ордена: формирование структуры и правил городской жизни. Грин И.Ю. 786
Геополимерные строительные материалы на основе красных шламов. Кейта Мохамед Ламин Фатумата, Пилипенко А.С. 790

Развитие инновационной инфраструктуры на основе цифровой трансформации

Денисенко Евгений Владимирович
аспирант, кафедра «Бизнес-информатика и экономика», Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, economy12@mail.ru,

Губернаторов Алексей Михайлович
доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Бизнес-информатика и экономика», Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, gubernatorov.alexey@yandex.ru

В представленной статьи рассматривается инновационная инфраструктура регионов как ключевой фактор развития, где подчеркивается подчёркивается, что цифровизация уже не только технологический процесс, а инструмент сглаживания межрегиональных разрывов, особенно в условиях центро-периферийных различий. Традиционная инфраструктура (технопарки, университеты, венчурные фонды) часто функционирует локально и разрозненно, исключая периферию. Цифровая трансформация должна объединить эти элементы в единую сеть.
Ключевые слова: инновации, инновационное развитие, инфраструктура, цифровизация, цифровое развитие, цифровая трансформация.

В современном экономическом пространстве цифровая трансформация перестала быть простым технологическим процессом и стала ключевым фактором развития региона. Как отмечает Бушуева М. А. сглаживание межрегиональных диспропорций в условиях цифровой экономики предполагает устранение экономических и социальных разрывов между различными регионами страны за счет использования цифровых технологий и политики [1]. Как отмечается в Стратегии цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, утвержденной распоряжением Правительства РФ, цифровая трансформация направлена на обеспечение технологической независимости и создание цифровых платформ для управления производственными процессами [2. Данный документ определяет приоритетные направления цифровизации, включая создание цифровых двойников производственных объектов и внедрение систем предиктивной аналитики. Цифровой трансформации для регионального развития необходима для преодоления «цифрового разрыва» между элементами инновационной инфраструктуры. Традиционная инфраструктура зачастую функционирует на локальном уровне, тогда как современные цифровые платформы дают возможность объединить эти разрозненные элементы в единую сеть. Особенно важно это для регионов с ярко выраженной центро-периферийной структурой, где инновационная активность сосредоточена в административном центре, а периферийные территории остаются исключёнными из инновационных процессов.

Цифровая трансформация - это процесс перестройки экономических отношений, институтов и механизмов функционирования хозяйствующих субъектов под воздействием сквозных цифровых технологий. В контексте развития инновационной инфраструктуры этот процесс приобретает особое значение, поскольку именно инфраструктурные элементы обеспечивают связь между наукой, образованием, производством и рынком. Как было показано в первой главе диссертации, инновационная инфраструктура представляет собой сложную, многоуровневую систему, включающую производственно-технологический, финансовый, кадровый, информационный, консалтинговый, сбытовой и нормативно-правовой блоки. Цифровая трансформация оказывает системное и многоуровневое воздействие на все эти блоки, изменяя как структуру взаимодействия их участников, так и механизмы создания, распространения и коммерциализации знаний.

В современной научной литературе сложилось несколько подходов к определению цифровой трансформации инновационной инфраструктуры. Согласно технологическому подходу, цифровая трансформация представляет собой процесс внедрения цифровых технологий в деятельность организаций инновационной инфраструктуры, что позволяет повысить эффективность их работы, снизить транзакционные издержки, ускорить процессы создания и распространения инноваций. Согласно институциональному подходу, цифровая трансформация приводит к формированию новых институциональных форм взаимодействия участников инновационного процесса, таких как цифровые платформы, виртуальные лаборатории, распределенные исследовательские сети. Согласно экосистемному подходу, цифровая трансформация создает условия для формирования цифровых инновационных экосистем, в которых взаимодействие участников осуществляется в режиме реального времени на основе единых цифровых стандартов и протоколов.

Автор разделяет позицию, согласно которой цифровая трансформация инновационной инфраструктуры - это не просто автоматизация существующих процессов, а качественное изменение принципов функционирования инновационной системы, переход к новой модели организации инновационной деятельности, основанной на использовании сквозных цифровых технологий (искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн, большие данные, облачные вычисления, цифровые платформы). Данный переход характеризуется следующими ключевыми особенностями.

Первая особенность - демократизация доступа к ресурсам инновационной деятельности. Цифровые технологии позволяют существенно снизить барьеры входа на рынки инноваций, предоставляя малым и средним инновационным предприятиям, стартапам, индивидуальным исследователям доступ к высокотехнологичному оборудованию, базам данных, вычислительным мощностям через механизмы распределенного доступа и краудсорсинга. Если ранее для проведения исследований и разработок требовалось наличие собственной лабораторной базы, то сейчас возможно использование распределенных центров коллективного

пользования, виртуальных лабораторий, облачных платформ для моделирования и прототипирования, что существенно расширяет круг потенциальных участников инновационного процесса и ускоряет генерацию новых идей.

Вторая особенность - трансформация механизмов трансфера технологий. Цифровые платформы, обеспечивающие взаимодействие между разработчиками, инвесторами, производственными компаниями и потребителями инноваций, создают новые каналы распространения знаний и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности. Если традиционные механизмы трансфера технологий основывались на личных контактах, патентных пулах, специализированных выставках и ярмарках, то цифровые платформы позволяют в автоматическом режиме сопоставлять предложения и спрос на инновационные разработки, осуществлять интеллектуальный анализ патентной информации, прогнозировать перспективные направления технологического развития. Появляются новые институты - краудинвестинговые платформы для финансирования инновационных проектов, цифровые венчурные биржи, платформы для организации распределенных научных исследований.

Третья особенность - формирование новых моделей взаимодействия участников инновационного процесса. Цифровая трансформация приводит к переходу от линейных и иерархических моделей взаимодействия к сетевым и платформенным. В рамках платформенной модели инновационная инфраструктура представляет собой не совокупность обособленных организаций, а единое цифровое пространство, в котором участники взаимодействуют напрямую, минуя традиционных посредников. Это позволяет существенно сократить время прохождения инноваций от идеи до рыночного продукта, повысить гибкость и адаптивность инновационной системы.

Четвертая особенность - интеллектуализация процессов управления инновационной инфраструктурой. Использование технологий искусственного интеллекта, больших данных и машинного обучения позволяет осуществлять прогнозирование технологических трендов, выявление перспективных направлений развития, оценку эффективности функционирования элементов инновационной инфраструктуры. Интеллектуальные системы управления могут в автоматическом режиме перераспределять ресурсы, подбирать партнеров для реализации инновационных проектов, оптимизировать загрузку производственных мощностей и лабораторного оборудования.

Пятая особенность - глобализация инновационных процессов. Цифровые технологии стирают географические границы, позволяя исследователям и разработчикам из разных стран взаимодействовать в режиме реального времени, совместно использовать оборудование и ресурсы, участвовать в глобальных распределенных исследовательских проектах. Это открывает для региональных инновационных систем новые возможности для интеграции в глобальные цепочки создания стоимости и привлечения внешних ресурсов.

Рисунок Цифровая трансформация инновационной инфраструктуры: ключевые направления и эффекты
Источник: разработано автором

На схеме изображены три этапа развития инновационной инфраструктуры: первая - традиционная, включающая технопарки, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, венчурные фонды, образовательные и научные учреждения; в центре - цифровая трансформация с ключевыми технологиями: искусственный интеллект, блокчейн, большие данные, облачные вычисления и платформы, влияющими на развитие инфраструктуры; и третья - трансформированная цифровая инфраструктура с новыми элементами, такими как виртуальные лаборатории, платформы краудинвестирования, цифровые биржи и распределённые исследовательские платформы. Влияние цифровых технологий отображено связями, а основные эффекты включают демократизацию доступа, ускорение инноваций, снижение издержек, глобализацию и интеллектуализацию управления.

Цифровая трансформация объектов производственно-технологической инфраструктуры

Производственно-технологическая инфраструктура, включающая технопарки, индустриальные парки, бизнес-инкубаторы, центры коллективного пользования оборудованием, является ядром инновационной системы региона. Цифровая трансформация этих объектов приводит к кардинальному изменению принципов их функционирования и форм предоставления услуг резидентам.

Технопарки и индустриальные парки традиционно предоставляли резидентам производственные площади, офисные помещения, доступ к инженерной инфраструктуре, а также ограниченный набор сервисов. В условиях цифровой трансформации происходит превращение технопарков в «умные» инновационные площадки (Smart Innovation Parks), интегрирующие физическую и цифровую инфраструктуру. Ключевыми характеристиками таких площадок становятся:

1. **Единая цифровая платформа управления.** На базе технологий интернета вещей и промышленного интернета создается единая цифровая среда, объединяющая все элементы технопарка. Резиденты получают доступ к облачным сервисам, виртуальным вычислительным мощностям, базам данных, программному обеспечению. Внедряются интеллектуальные системы управления энергопотреблением, доступом к помещениям и оборудованию, логистикой, что позволяет оптимизировать загрузку инфраструктуры и снизить операционные расходы.

Цифровые двойники производственных процессов. Одним из перспективных направлений развития является концепция создания цифровых двойников, которые в отличие от простого сбора статистических данных, способны моделировать потоки знаний, инвестиций и трудовых ресурсов в режиме реального времени, обеспечивая качественно новый уровень управления инновационным развитием территории.

Для целей настоящего исследования целесообразно выделить несколько уровней цифровой зрелости региональной инновационной инфраструктуры, основываясь на практике внедрения цифровых двойников в российских регионах [3.4].

1. Базовый уровень - отдельные компоненты инфраструктуры оснащены цифровыми технологиями, но работают независимо друг от друга, информационные системы не связаны между собой, данные дублируются.

2. Уровень связности - созданы каналы обмена информацией между элементами инфраструктуры, внедрены стандарты передачи данных, обеспечена техническая совместимость информационных систем.

3. Платформенный уровень - функционирует региональная цифровая платформа, объединяющая данные обо всех элементах инновационной инфраструктуры и предоставляющая доступ к ним для различных категорий пользователей (бизнес, наука, образование, органы власти).

4. Уровень интеллектуального управления (когнитивный уровень) - внедрены системы аналитической обработки данных на базе искусственного интеллекта, позволяющие прогнозировать потребности, выявлять дисбалансы и оптимизировать распределение ресурсов в режиме реального времени.

Литература

1. Бушуева Марина Александровна, Богомолов Александр Александрович, Масюк Наталья Николаевна, Куликова Оксана Михайловна Сглаживание межрегиональных диспропорций в условиях цифровой экономики // Территория новых возможностей. 2024. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sglazhivanie-mezhregionalnyh-disproportsiy-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki (дата обращения: 24.02.2026).

2. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их "цифровой зрелости" до 2024 года и на период до 2030 года. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401415210/?ysclid=mm0g83mkj9299080012

3. Дайджест новостей РФ (08.12.2025) // ФАУ «РОСДОРНИИ». — 2025. — URL: https://rosdornii.ru/press-center/digest/digest-rf/daydzhest-novostey-rf-08-12-2025/

4. Тюменцам представили отечественную платформу "Цифровой двойник региона" // Тюменская линия. — 2025. — 28 октября. — URL: https://t-l.ru/390052.html

Development of innovative infrastructure based on digital transformation

Denisenko E.V., Gubernatorov A.M.
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The presented article examines the innovative infrastructure of regions as a key factor in development, emphasizing that digitalization is no longer just a technological process, but also a tool for smoothing out interregional gaps, especially in the context of center-periphery differences. Traditional infrastructure (tech parks, universities, and venture funds) often operates locally and in isolation, excluding the periphery. Digital transformation should combine these elements into a single network.

Keywords: innovation, innovative development, infrastructure, digitalization, digital development, digital transformation.

References

1. Marina Aleksandrovna Bushueva, Aleksandr Aleksandrovich Bogomolov, Natalya Nikolaevna Masyuk, Oksana Mikhailovna Kulikova. "Smoothing Interregional Disparities in the Digital Economy." Territory of New Opportunities. 2024. No. 4. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/sglazhivanie-mezhregionalnyh-disproportsiy-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki (accessed: 24.02.2026).
2. Strategy for the Digital Transformation of Manufacturing Industries to Achieve Digital Maturity by 2024 and for the Period up to 2030. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401415210/?ysclid=mm0g83mkj9299080012
3. Russian Federation News Digest (December 8, 2025) // Federal Autonomous Institution "ROSDORNII". — 2025. — URL: https://rosdornii.ru/press-center/digest/digest-rf/daydzhest-novostey-rf-08-12-2025/
4. Tyumen Residents Presented the Domestic Platform "Digital Twin of the Region" // Tyumen Line. — 2025. — October 28. — URL: https://t-l.ru/390052.html

Современная институциональная среда и инновационная инфраструктура Владимирской области

Денисенко Евгений Владимирович
аспирант, кафедра «Бизнес-информатика и экономика», Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, economy12@mail.ru

В условиях появления и действия глобальных экономических вызовов, которые обусловливают в качестве реакции на них необходимость повышения конкурентоспособности, стимулирования наиболее полного раскрытия потенциала стран и регионов, инновационная деятельность становится одним из главных условий их преодоления. Инновационная деятельность, чтобы быть успешной, требует создания соответствующей **институциональной среды. Институциональная среда – это комплексное, многоуровневое явление,** которое устанавливает правовые, экономические, политические, социальные рамки взаимодействия экономических субъектов, включает формальные и неформальные институты, механизмы их регулирования и контроля, соответствующую инфраструктуру и органы управления.
Целью исследования является определение региональных особенностей и**нституциональной среды на примере Владимирской области, характеристика инновационной инфраструктуры, результатов ее развития и проблем.**
В статье кратко представлена структура институциональной среды страны и региона, дана характеристика инновационной инфраструктуры по пяти составляющим: производственно-технологическая; научно-образовательная; цифровая, инфраструктура поддержки инноваций и инфраструктура для малого инновационного бизнеса.
Дана оценка состояния региональной инновационной инфраструктуры, выделены пять типов территории: действующие «сверх-оазисы», зрелые индустриальные центры, формирующиеся оазисы, территории инерционного развития, территории «инновационной пустыни», что свидетельствует о неравномерном развитии инновационной деятельности в регионе. Определены наиболее значимые положительные результаты развития инновационной среды, выявлены имеющиеся противоречия и проблемы, требующие скорейшего решения.
Ключевые слова: инновационная среда и инфраструктура, производственно-технологическая инфраструктура; научно-образовательная инфраструктура; цифровая инфраструктура, инфраструктура поддержки инноваций, инфраструктура для малого инновационного бизнеса.

Введение

Хозяйственная система любой страны и региона существует в определенной институциональной среде, которая, по словам А.А. Олейника, представляет собой совокупность ценностей, формальных и неформальных норм, которые влияют на соотношение стимулов деятельности и обусловливают достижение максимального согласия между людьми [1]. Основы институциональной составляющей экономической системы в свое время были заложены представителями институционализма Д. Нортом, Л. Девисом, О. Уильямсоном.

Функционал институциональной среды разнообразен – это регулирование деятельности хозяйствующих субъектов; обеспечение свободы и безопасности экономической деятельности; упрощение экономического взаимодействия; создание рамочных условий для предотвращения конфликтов; прогнозирование результатов хозяйственной деятельности; обеспечение предсказуемости и стабильности; минимизация трансакционных издержек и др. Эти функции реализуются через систему норм и санкций, применение которых осуществляется действующими в обществе формальными и неформальными институтами.

В настоящее время для многих стран важным является создание и развитие институтов регулирования инновационной деятельности. В этом случае формируются соответствующие социально-экономические, политические и нормативно-правовые условия стимулирования создания инноваций в стране. Они образуют ту среду (инновационную), которая позволяет превратить научные идеи в инновационные продукты. Институциональная среда инновационной деятельности сложная и включает несколько элементов - законодательные акты, инфраструктуру, систему финансирования и подготовку кадров.

Институциональное регулирование инновационной среды в РФ строится на многоуровневой системе нормативных актов, которые определяют основы создания, механизмы функционирования и меры государственной поддержки соответствующих объектов. Это: различные федеральные законы и подзаконные акты, в том числе специальные, регулирующие конкретные инновационные объекты (площадки) с особыми правовыми режимами, программно-целевые документы (например, Стратегия научно-технологического развития РФ до 2035 г.). Институциональная среда инновационной деятельности предполагает также наличие органов управления, объектов инновационной инфраструктуры, институтов развития и системы мер поддержки инноваций (финансовой, организационной, информационной, кадровой и т.д.). Каждый регион РФ вправе формировать свою институциональную среду развития инноваций. Обратимся к рассмотрению институциональной среды развития инновационной деятельности во Владимирской области.

Институциональная среда развития инноваций во Владимирской области

Во Владимирской области формирование инновационной среды и инновационной инфраструктуры базируется на двух уровнях регулирования – федеральном, определяющем общие правила игры, и региональном – адаптирующем эти основы под местные условия.

Среди основных документов Владимирской области, регулирующих инновационную активность, можно назвать: Закон Владимирской области от 02.09.2002 № 87-ОЗ «Об инновационной деятельности» с последующими изменениями и дополнениями; Закон от 7 декабря 2023 г. № 178-ОЗ «О регулировании отдельных вопросов в области государственной научно-технической политики и поддержке инновационной деятельности во Владимирской области и признании утратившими силу отдельных законов Владимирской области»; Постановление Губернатора области от 02.06. 2009 №463 «О стратегии социально-экономического развития Владимирской области до 2030 г.».

В регионе действуют государственные программы: «Развитие промышленности Владимирской области и повышение ее конкурентоспособности» (2015-2030 гг.); «Развитие внешнеэкономической деятельности Владимирской области» (2023-2030 гг.); «Развитие малого и среднего предпринимательства во Владимирской области» (2019-2030 гг.); «Информационное общество» (2014-2030 гг.); «Развитие туризма во Владимирской области» (2021-2030 гг.).

Задокументирована деятельность отдельных объектов региональной инновационной инфраструктуры, таких как: технопарки, особые экономические зоны, бизнес-инкубаторы, кластеры. Функционируют регио-

нальные институты развития: Фонд содействия развитию малого и среднего предпринимательства; Фонд развития промышленности Владимирской области; Гарантийный фонд Владимирской области. Установлены финансовые меры стимулирования развития инновационной инфраструктуры региона.

Например, Закон Владимирской области от 27.11.2002 №119-ОЗ предоставляет льготу по уплате транспортного налога для организаций - резидентов особых экономических зон промышленно-производственного типа; Закон Владимирской области от 28.11.2019 №102-ОЗ устанавливает пониженную налоговую ставку по налогу на прибыль для организаций - резидентов особых экономических зон, созданных на территории Владимирской области; для резидентов территорий опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР), предусмотрены: освобождение от уплаты налога на имущество организаций в течение десяти лет (Закон Владимирской области от 12.11.2003 №110-ОЗ); пониженная налоговая ставка по налогу на прибыль организаций, подлежащему зачислению в областной бюджет (Закон Владимирской области от 04.05.2018 №48-ОЗ); освобождение от уплаты земельного налога сроком на десять лет (решение Совета народных депутатов города Камешково от 28.11.2019 №229).

Что касается органов управления развитием инновационной среды и инновационной инфраструктуры региона, то Законодательное собрание Владимирской области формирует региональную правовую базу для инноваций. Среди последних инициатив органа - разработка и принятие в первом чтении закона «О креативных (творческих) индустриях», участие в федеральном эксперименте по легализации гостевых домов и др.

Министерство экономического развития и промышленности региона разрабатывает и совершенствует государственные программы, курирует создание технопарков и ОЭЗ, внедряет региональный инвестиционный стандарт.

Министерство цифрового развития отвечает за цифровую трансформацию и телеком-инфраструктуру. Оно участвует в реализации проектов «Умный город» (разработка геоаналитического сервиса «Телеком Радар») и решении задач национального проекта «Экономика данных».

Министерство предпринимательства и туризма поддерживает креативные индустрии, взаимодействует с бизнес-инкубатором «Мой бизнес».

В целом, как федеральная, так и региональная институциональная среда нацелены на стимулирование создания инновационной инфраструктуры и формирование инновационной сред страны и ее регионов. Остановимся подробнее на характеристики инновационной инфраструктуры региона.

Особенности инновационной инфраструктуры Владимирской области

Опираясь на классификацию инновационной инфраструктуры, разработанную российскими учеными, выделим в ней следующие элементы (рис.1):

- производственно-технологическая инфраструктура (индустриальные парки, особые экономические зоны, технопарки, промышленные кластеры);
- научно-образовательная инфраструктура (классические и технические университеты, научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, лаборатории и малые инновационные предприятия при вузах);
- инфраструктура поддержки инноваций в виде центров трансфера технологий, бизнес-инкубаторов, региональных, венчурных и гарантийных фондов, центров «Мой бизнес», агентств инновационного развития;
- цифровая инфраструктура (платформенные решения для кооперации, центры обработки данных - ЦОДы, облачные сервисы, технологические порталы, системы «одного окна» в цифровом формате);
- инфраструктура для малого инновационного бизнеса (коворкинги, стартап-студии, фаблабы, центры прототипирования, микрофинансовые организации, клубы ангельских инвесторов, акселераторов и др.)

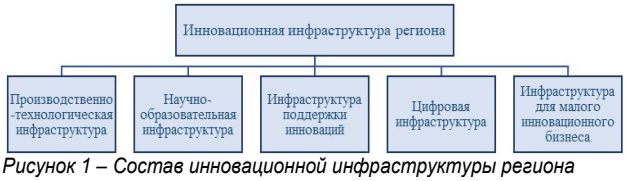


Рисунок 1 – Состав инновационной инфраструктуры региона

Все эти элементы представлены в инновационной инфраструктуре Владимирской области, но степень развития и зрелости каждого из них различна.

Во Владимирской области производственно-технологическая инфраструктура представлена в трех основных формах: индустриальные парки (например, индустриальные парки - «Ставровский», «ОКА», «Камешково»); особые экономические зоны - промышленно-производственная и туристско-рекреационная (например. ОЭЗ «Доброград-1», ОЭЗ ППТ «Владимир»); технопарки («Муроммаш», «Струнино», а также парки на базе университетов).

Согласно реестру Минпромторга РФ на начало 2025 года на территории области функционировало 5 сертифицированных индустриальных парков, две ОЭЗ федерального значения и несколько неформальных промышленных площадок, которые фактически выполняют функции инновационных хабов, но не имеют официального статуса.

Анализ состояния и динамики развития производственно-технологической инфраструктуры Владимирской области позволяет сделать следующие выводы:

- в регионе сформирована многоуровневая и диверсифицированная система инновационных площадок, сочетающих различные модели развития (от успешно обновленного советского промышленного наследия (индустриальный парк «Ставровский») до создания ультрасовременных территориальных кластеров «с нуля» (ОЭЗ ППТ «Доброград-1»);
- четкая отраслевая специализация инновационных узлов, отвечающая приоритетам технологического суверенитета России (например, в сфере мехатроники и высокоточной механики (технопарк «Муроммаш», Струнино и Камешково);
- формирование синергетических связей внутри парков (кооперация предприятий-резидентов парков с предприятиями малого и среднего бизнеса, примером может служить технопарк «Муроммаш»).

Тем самым в настоящий момент во Владимирской области создан достаточно мощный инфраструктурный каркас, способный обеспечить масштабное промышленное внедрение инноваций.

Научно-образовательная составляющая инновационной инфраструктуры Владимирской области призвана обеспечивать производственные площадки фундаментальными исследованиями и высококлассными специалистами.

В регионе она представлена образовательными и научными организациями трех уровней:

- ведущие научно-образовательные центры: Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ) и Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева (КГТА). В ВлГУ реализуются междисциплинарные исследования; создан Инжиниринговый центр использования лазерных и аддитивных технологий, не только патентуются изобретения, но и коммерциализируются разработки студентов и научных сотрудников на производственных площадках региона. КГТА специализируется на системах автоматического управления, гидропневмоавтоматике и робототехнике; здесь действует военный учебный центр и мощная база НИОКР в интересах ОАО «Завод им. В.А. Дегтярева» и ВНИИ «Сигнал»; широко практикуется интеграция студентов в реальные производственные цепочки через студенческое конструкторское бюро [2];
- отраслевые научно-исследовательские институты и компании инжиниринга. Это АО «Институт полимерсинтеза» - лидер в области химии полимеров и ФГБУ «ВНИИЗЖ» - научный центр мирового уровня в сфере биотехнологий и ветеринарии [3];
- система опережающей подготовки и довузовского развития. В рамках системы реализуется федеральный проект «Профессионалитет» [4]; созданы детские технопарки «Кванториум» и центры «IT-куб», которые формируют у молодежи инженерное инновационное мышление, начиная со школьной скамьи.

В целом научно-образовательная инфраструктура региона обладает достаточным потенциалом для обеспечения «интеллектуального суверенитета» производственных площадок.

Следующей составляющей инновационной инфраструктуры региона является инфраструктура поддержки инноваций. Это целая разветвленная экосистема, включающая институционально-управленческий компонент, финансовую и ресурсную поддержку, а также упомянутую выше систему опережающей подготовки кадров («Профессионалитет»).

Первый компонент предназначен для координации инновационной деятельности, которую осуществляют Агентство экономического развития Владимирской области (АЭР) и Корпорация развития Владимирской области, обеспечивая доступ резидентов технопарков к федеральным мерам поддержки. Агентство оказывает поддержку в виде информационного, консультационного или финансового ресурса (через гранты) на этапе формирования идеи, НИОКР или поиска инвестора, а Корпорация оказывает инфраструктурную, земельную, эксплуатационную поддержку при масштабировании, строительстве заводов, налаживании серийного выпуска.

Влияние данных структур на инновационную активность региона носит комплементарный (взаимодополняющий) характер: Агентство формирует «мягкую инфраструктуру» (компетенции, связи, гранты), Корпорация - «жесткую инфраструктуру» (цеха, сети, таможенные посты). Взаимодействие этих институтов позволяет инновационному субъекту пройти путь от лабораторного образца (при поддержке Агентства) до завода в ОЭЗ (под управлением Корпорации), что выступает важнейшим условием эффективности региональной инновационной системы.

Финансовая и ресурсная поддержка инноваторов реализуется посредством деятельности регионального Фонда развития промышленности (ФРП) и центра «Мой бизнес». ФРП предоставляет льготные займы (от 3% до 5% годовых) для осуществления проектов импортозамещения и цифровизацию производства [5]. Центр «Мой бизнес» (подразделение инноваций) обеспечивает инжиниринговую поддержку, помощь в сертификации продукции и защите интеллектуальной собственности [6]. Высококвалифицированных специалистов для работы в структурах технопарков и ОЭЗ готовят в кластере «Машиностроение», химическом и климатическом кластерах на территории региона.

Грантовая поддержка резидентов технопарков и ОЭЗ во Владимирской области в последние годы изменилась: в большей мере поддержка сейчас оказывается не «стартапам», а масштабированию бизнеса, причем на условиях софинансирования (обычно 50/50). Самый большой приток грантов в регионе наблюдается на приоритетных направлениях - машиностроение и микроэлектроника.

В целом инфраструктура поддержки инноваций во Владимирской области на текущем этапе перешла от пассивного предоставления льгот к активному формированию компетенций.

Следующая составляющая инновационной инфраструктуры – цифровая инфраструктура поддержки инноваций Владимирской области обеспечивает интеграцию физических производственных площадок (ОЭЗ, технопарков) с государственными ресурсами, финансовыми институтами и научными центрами. Основу цифровой экосистемы региона составляет инвестиционный портал и Интерактивная ГИС-карта. На портале можно видеть доступные мощности (электричество, газ, водоотведение) на конкретных участках ОЭЗ «Владимир» или технопарка «Муроммаш», оценить логистическую доступность (расстояние до М-12 «Восток», наличие ж/д путей), подать заявку на включение в реестры производителей. «Сервис импортозамещения» (Биржа мощностей) позволяет компаниям внутри региона находить заказчиков на свободные производственные часы оборудования. Цифровая платформа «Кадровый потенциал региона» помогает решить проблему нехватки квалифицированных кадров на инновационных площадках.

В 2026 году в цифровую экосистему были внедрены элементы ИИ-ассистентов для подбора мер поддержки; стали использоваться цифровые двойники территорий; за счет исключения бумажного документооборота сократилось время прохождения заявок на льготы и займы и др.

Итак, цифровая инфраструктура поддержки инноваций Владимирской области все больше становится не просто вспомогательным инструментом, а драйвером производственных процессов. Главным вектором развития видится переход к предиктивной модели поддержки, когда система сама предлагает предприятию грант или расширение мощностей на основе анализа его финансовой и производственной динамики.

И последняя составляющая инфраструктуры - поддержка малого инновационного предпринимательства (МИП) во Владимирской области, по сути, представляет связующее звено между научными разработками и крупномасштабным промышленным производством в ОЭЗ и технопарках.

Для институциональной и консультационной поддержки МИПов работает Центр «Мой бизнес», Региональный центр инжиниринга (РЦИ) – обеспечивает доступ к дорогостоящему инженерному программному обеспечению и станкам на этапе R&D, используя общие мощности центра.

Владимирский областной бизнес-инкубатор обеспечивает льготную аренду офисных и производственных помещений для стартапов на ранних стадиях. В регионе активно создаются частные мини-технопарки.

Микрокредитная компания «Фонд содействия развитию малого и среднего предпринимательства Владимирской области» предоставляет льготные займы по ставкам ниже рыночных; гарантийный фонд Владимирской области выступает поручителем перед банками, если у инновационной компании не хватает залогового обеспечения.

В целом для поддержки МИПов используются современные инструменты поддержки (инжиниринг, экспортный акселератор и др.), тем самым инфраструктура для МИПов все больше приобретает черты функционального сервиса для промышленности.

В целом оценивая инновационную инфраструктуру в регионе, следует отметить неоднородность ее развития по территории области. На основе сравнении результатов инновационной деятельности в различных муниципальных образованиях по показателям отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства, в статотчетности по Владимирской области нет отдельного показателя, включающего в себя отгрузку инновационных товаров) и показателю инвестиции в основной капитал, осуществляемые организациями, находящимися на территории муниципального образования (без субъектов малого предпринимательства) автор выделил пять типов территорий:

- действующие «сверх-оазисы» (Петушинский и Собинский муниципальные районы, демонстрирующие высокие показатели эффективности инновационной деятельности вследствие реализации модели преференциальных зон),
- зрелые индустриальные центры (г. Владимир и г. Ковров),
- формирующиеся (или строящиеся) оазисы - Ковровский район,
- территории инерционного развития или территории «индустриальной полупериферии» (Александровский, Вязниковский, Камешковский районы, где предприятия работают в режиме поддержания существующих мощностей, но не стремятся к их технологическому обновлению),
- территории «инновационной пустыни» (Муромский, Селивановский и Судогодский районы).

Анализ показал, что инновационный каркас Владимирской области представляет собой группу высокотехнологичных «оазисов», развитие которых носит очаговый характер.

Из особенностей развития инновационной среды и инфраструктуры региона можно отметить следующее.

Наиболее значимым результатом десятилетия развития инновационной среды стал качественный рост техновооруженности исследователей. Если в 2015 году область демонстрировала средние значения по ЦФО, то к 2025 году показатель достиг 0,748, что выше значений Калужской (0,672) и Ярославской (0,489) областей и сопоставимо с уровнем Нижегородской области. Рост показателя - это демонстрация перехода от инерционной модели поддержки уже существующих НИИ к формированию новых высокотехнологичных площадок.

Анализ инновационной среды позволил выявить такую особенность: при относительно низкой доле затрат на исследования и разработки в ВРП (0,140) регион удерживает высокую патентную активность (0,638). Такое возможно, если инновации во Владимирской области носят не фундаментальный, а модернизационный характер: предприятия не инвестируют в долгосрочные исследования, а совершенствуют уже существующие технологии.

Еще одна особенность - крупные производственные площадки области функционируют независимо и поэтому не становятся драйверами развития малого предпринимательства. Такая обособленность создаёт преграду для диффузии инноваций, что значительно снижает общую гибкость и адаптивность региональной инновационной среды.

Являясь лидером по «Числу территорий промышленного развития» (0,614), обгоняя даже Калужскую (0,445), Тульскую (0,588) и Ярославскую (0,445) области, в регионе нет научно-образовательных территорий федерального статуса. Это означает, что инфраструктура области строится вокруг производства, при этом полностью отсутствует федеральная поддержка научно-исследовательского звена (ИНТЦ, наукограды). Возникает риск превращения региона в технологическую колонию, которая может производить, но не может изобретать принципиально новое.

Заключение

Подводя общий итог, можно сказать, что инновационной среды Владимирской области демонстрирует глубокое противоречие между её формой и содержанием.

С одной стороны, на территории региона выделяются мощные «инновационные оазисы», в которых сконцентрированы ресурсы и производственные мощности. С другой стороны, инновационные достижения – это в основном результат экстенсивного развития.

Владимирская область лидирует по техновооруженности исследователей и промышленному развитию площадок, но значительно отстает от регионов-локомотивов в научно-образовательном обеспечении и вовлеченности малого бизнеса.

Инновационная среда региона представлена не единой экосистемой, а набором изолированных точек концентрации ресурсов на фоне общей технологической разреженности пространства. Мало этого, регион сталкивается с серьезным внешним вызовом - конкуренцией за человеческие ресурсы со стороны Московской и Нижегородской областей.

Дальнейшее развитие инновационной среды зависит от принятия серьезных региональных управленческих решений. Крайне важным видится переход к стратегии создания институциональных «мостиков»

между оазисами роста, вузами и промышленной периферией на основе использования возможностей цифровой трансформации.

Литература

1. Боровская Л.В. Институциональная среда и особенности ее формирования в результате институциональных изменений. http://elibrary.ru
2. Официальный сайт КГТА им. Дегтярева. Исследования и разработки. — URL: https://dksta.ru/
3. Федеральный центр охраны здоровья животных (ВНИИЗЖ). Научные достижения. — URL: https://arriah.ru/
4. Министерство образования и молодежной политики Владимирской области. Проект «Профессионалитет». — URL: https://obrazovanie.vladimir-city.ru/
5. Фонд развития промышленности. – URL: https://frp-33.ru/o-fonde/
6. Мой бизнес. – URL: https://xn---33-9cdulgg0aog6b.xn--p1ai/

Modern institutional environment and innovative infrastructure in the Vladimir region

Denisenko E.V.

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

In the context of the emergence and operation of global economic challenges, which necessitate the need to increase competitiveness and stimulate the fuller development of the potential of countries and regions, innovation activity has become one of the main conditions for overcoming these challenges. To be successful, innovation activity requires an appropriate institutional environment. The institutional environment is a complex, multi-level phenomenon that establishes the legal, economic, political, and social framework for the interaction of economic entities, including formal and informal institutions, mechanisms for their regulation and control, and the relevant infrastructure and governing bodies.

The purpose of the study is to determine the regional features of the institutional environment on the example of the Vladimir region, to characterize the innovation infrastructure, the results of its development, and the problems. The article briefly presents the structure of the institutional environment of the country and the region, and describes the innovation infrastructure in five components: production and technological; scientific and educational; digital, innovation support infrastructure and infrastructure for small innovative business.

The article assesses the state of the regional innovation infrastructure and identifies five types of territories: existing "super-oases", mature industrial centers, emerging oases, territories of inert development, and territories of the "innovation desert", which indicates the uneven development of innovation activities in the region. The article identifies the most significant positive results of the development of the innovation environment and highlights the existing contradictions and problems that require urgent solutions.

Keywords: innovation environment and infrastructure, production and technological infrastructure, scientific and educational infrastructure, digital infrastructure, innovation support infrastructure, and infrastructure for small innovative businesses.

References

1. Borovskaya L.V. The institutional environment and the features of its formation as a result of institutional changes. http://elibrary.ru
2. Official website of KGTA named after. Degtyarev. Research and development. — URL: https://dksta.ru/
3. Federal Center for Animal Health Protection (VNIIZH). Scientific achievements. — URL: https://arriah.ru/
4. Ministry of Education and Youth Policy of the Vladimir Region. Project "Professionalism". — URL: https://obrazovanie.vladimir-city.ru/
5. Industry Development Fund. – URL: https://frp-33.ru/o-fonde/
6. My Business. – URL: https://xn---33-9cdulgg0aog6b.xn--p1ai/

Государственные проекты по формированию и поддержке инновационно-промышленных кластеров нефтехимической специализации: сравнительный анализ опыта Республики Башкортостан и Республики Татарстан

Дядченко Дмитрий Валерьевич
аспирант, Университет мировых цивилизаций им. В.В. Жириновского, DyadchenkoDV@yandex.ru,

Нечаева Елена Николаевна
магистрант, 38.04.02 Менеджмент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Alyonoc4ka.n3chaeva@yandex.ru

В статье проведён сравнительный анализ двух крупнейших нефтехимических промышленных кластеров Российской Федерации - Нефтехимического территориального кластера Республики Башкортостан (НХТК РБ) и Камского инновационного территориально-производственного кластера Республики Татарстан (КИТПК). Рассмотрены механизмы государственной поддержки кластеров на федеральном и региональном уровнях, проанализирована нормативно-правовая база, включая Федеральный закон № 488-ФЗ «О промышленной политике», Постановления Правительства РФ № 779, № 41 и № 2407. Проведено сопоставление количественных и качественных показателей кластеров, структуры их финансирования, отраслевой специализации. Разработан SWOT-анализ и экспертная оценка конкурентоспособности. Обоснованы перспективы межрегиональной интеграции нефтехимических кластеров и сформулированы рекомендации по совершенствованию кластерной политики.

Ключевые слова: промышленный кластер, нефтехимия, государственная поддержка, импортозамещение, инновационное развитие, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, специализированная организация, СПИК, межрегиональная кооперация.

В условиях трансформации российской экономики, усиления санкционного давления с 2022 года и необходимости ускоренного импортозамещения ключевой стратегической задачей становится создание устойчивых территориально-производственных объединений, способных концентрировать ресурсы, технологии и компетенции. Особую роль при этом играют инновационно-промышленные кластеры в стратегически значимых отраслях, к которым относится нефтехимия.

Нефтехимическая промышленность формирует одну из основ национальной экономики: она обеспечивает сырьевую базу для химии, автомобилестроения, строительства, лёгкой промышленности. По данным Минпромторга России, по состоянию на июль 2025 года в реестр промышленных кластеров включено 104 объединения из более чем 70 регионов страны, в которых реализуется свыше 230 импортозамещающих проектов. Крупнейшими по количеству резидентов являются Камский кластер Татарстана (213 участников) и Нефтехимический кластер Башкортостана (211 участников).

Актуальность исследования определяется необходимостью оценки результативности государственных проектов поддержки кластеров, идентификации лучших практик и формулирования рекомендаций по совершенствованию кластерной политики в условиях новой экономической реальности.

Фундаментальное определение кластера введено М. Портером, который рассматривал его как «группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определённой сфере и характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга». Подход Портера был развит М. Энрайтом, В. Фельдманом, С. Розенфельдом, которые уточнили критерии идентификации кластеров и их типологию.

В отечественной научной школе значительный вклад в развитие кластерной теории внесли Л.С. Марков, М.А. Ягольницер, М.П. Войнаренко, Т.В. Цихан. Их работы формируют методологический фундамент для анализа кластеризации в российских условиях и учитывают специфику постсоветской экономики.

В российском законодательстве, в соответствии с ФЗ № 488-ФЗ от 31.12.2014, под промышленным кластером понимается совокупность субъектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие территориальной близости и функциональной зависимости и размещённых на территории одного или нескольких субъектов Российской Федерации.

Современная нормативно-правовая система регулирования промышленных кластеров в Российской Федерации носит трёхуровневый характер (рис. 1). На первом (законодательном) уровне располагается Федеральный закон № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации», принятый 31 декабря 2014 года, который ввёл само понятие промышленного кластера в правовое поле.Второй уровень представлен подзаконными актами Правительства РФ. Ключевое место среди них занимает Постановление Правительства РФ № 779 от 31 июля 2015 г. (с изменениями, последняя редакция - 8 мая 2025 г.), устанавливающее требования к промышленным кластерам и специализированным организациям. Механизм субсидирования участников кластеров регулируется Постановлением № 41 от 28 января 2016 г.

Важнейшим шагом в развитии кластерной политики стало Постановление Правительства РФ № 2407 от 23 декабря 2022 г., существенно расширившее перечень мер поддержки. С 1 января 2023 года участники кластеров получили возможность претендовать на возмещение до 50% затрат на приобретение стартовых партий комплектующих с максимальной суммой субсидии до 150 млн руб. на заявителя. Одновременно были установлены новые льготные налоговые режимы: нулевая ставка налога на прибыль в части федерального бюджета для участников СПИК и льготные страховые взносы в размере 7,6% на срок до 7 лет.

Третий уровень - региональное законодательство. В Республике Башкортостан действует закон о промышленной политике, а также соответствующие государственные программы. В Республике Татарстан Закон № 24-ЗРТ от 21 апреля 2016 г. и Программа развития нефтегазохимического комплекса РТ на 2020–2024 годы и на перспективу до 2034 года.

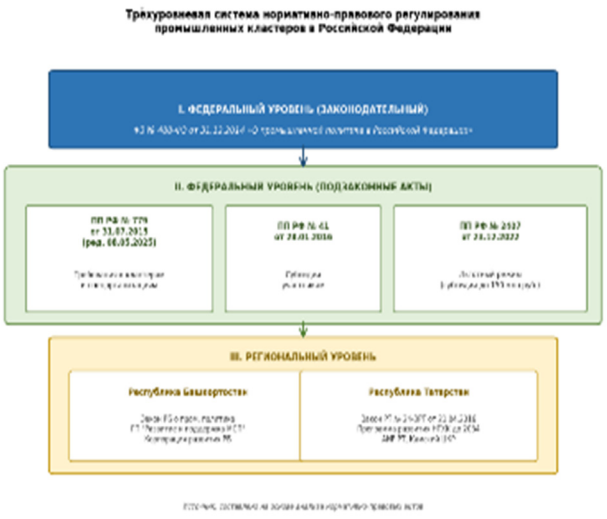


Рисунок 1 - Трёхуровневая система нормативно-правового регулирования промышленных кластеров в РФ

Объём бюджетного финансирования кластерных программ демонстрирует устойчивый рост. На реализацию механизма поддержки промышленных кластеров в федеральном бюджете на 2023–2025 гг. заложено 1,3 млрд рублей, из которых на 2023 г. - 430 млн руб., на 2024 г. - 436 млн руб., на 2025 г. - 439 млн руб. По итогам конкурсного отбора 2023–2024 гг. распределённый размер субсидии составил свыше 320 млн рублей, поддержаны 16 проектов со стороны 12 заявителей.

Базовый комплекс мер государственной поддержки включает: субсидии на возмещение части затрат при реализации совместных проектов; субсидии на стартовые партии; налоговые льготы (нулевая ставка налога на прибыль в федеральной части, льготные страховые взносы); льготные кредиты Фонда развития промышленности по ставке 90% от ключевой ставки Банка России; режим налогового мониторинга; мораторий на налоговые проверки.

Нефтехимический территориальный кластер Республики Башкортостан (НХТК РБ) создан в 2012 году в качестве одного из первых пилотных проектов кластерной политики в РФ. Территориально кластер располагается в четырёх муниципальных районах республики с центрами в Уфе, Салавате, Стерлитамаке и Ишимбае. Основная специализация - разработка технологий нефтепереработки и нефтехимии (от подготовки и первичной переработки до комплекса вторичных процессов), проектирование нефтехимических комплексов, комплекс инжиниринговых услуг, производство нефтехимической продукции.

Якорными предприятиями кластера являются: ПАО АНК «Башнефть» (входит в ПАО «НК «Роснефть»), ООО «Газпром нефтехим Салават», ОАО «Башкирская содовая компания», АО «Стерлитамакский нефтехимический завод», ОАО «Синтез-Каучук», ПАО «Уфаоргсинтез», АО «Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан». Нефтеперерабатывающий комплекс Башнефти включает три производственные площадки совокупной мощностью 23,5 млн тонн в год.

Структура финансирования управляющей компании кластера характеризуется высокой долей федерального участия: средства федерального бюджета - 46%, регионального бюджета - 19%, доходы от услуг управляющей компании - 35%. По состоянию на 2025 год в кластере зарегистрирован 211 резидент, а объём отгруженной продукции превысил 220 млрд рублей.

Производственной специализацией кластера являются нефтепереработка, нефтехимия и автомобилестроение. Доля предприятий Камского кластера в ВРП Татарстана составляет около 27%, а инвестиции в основной капитал - 34%. На территории кластера производится каждый третий российский грузовой автомобиль и каждая третья российская шина, более 45% российского этилена, полистирола и синтетических каучуков.

Якорными предприятиями кластера выступают: ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Казаньоргсинтез» (оба - в составе ПАО «СИБУР Холдинг»), АО «ТАНЕКО» и ПАО «Татнефть», АО «ТАИФ-НК», АО «Аммоний», ПАО «КАМАЗ». Существенным преимуществом кластера является наличие особой экономической зоны «Алабуга» - одного из крупнейших драйверов прямых иностранных инвестиций в Татарстан.

За 2024 год в кластере было реализовано 176 проектов с общей суммой инвестиций 353 млрд рублей. По количеству резидентов (213) КИТПК занимает первое место среди промышленных кластеров России.

Для наглядности сопоставления ключевых количественных и качественных показателей двух кластеров приведена сравнительная таблица 1.

Таблица 1
Сравнение ключевых показателей нефтехимических кластеров

Показатель	НХТК Башкортостан	КИТПК Татарстан
Год создания	2012	2012
Количество резидентов	211	213
Место в РФ по размеру	2-е	1-е
Численность занятых, тыс. чел.	~85	~120
Муниципальные образования	4	6
Якорные предприятия, ед.	8	10
Объём отгруженной продукции 2024, млрд руб.	~220	~620
Инвестпроекты 2024, ед.	95	176
Инвестиции 2024, млрд руб.	~180	353
Доля в ВРП региона, %	~30 (нефтехимия)	~27
Федеральное финансирование УК, %	46	35
Региональное финансирование УК, %	19	25
Собственные доходы УК, %	35	40

Источник: составлено автором на основе данных ГИСП, НИУ ВШЭ, Минпромторга РФ.

Анализ показывает, что кластеры сопоставимы по числу резидентов, но существенно различаются по масштабу экономической деятельности: КИТПК Татарстана превосходит башкирский кластер по объёму отгруженной продукции приблизительно в 2,8 раза, по количеству реализуемых инвестпроектов - в 1,9 раза, по численности занятых - в 1,4 раза. Это объясняется более широкой продуктовой диверсификацией татарстанского кластера, включающего не только нефтехимию, но и крупнейший автомобилестроительный сегмент.

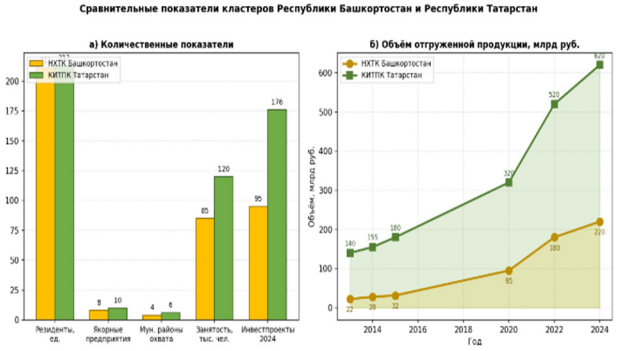


Рисунок 2 - Сравнительные количественные показатели и динамика объёма отгруженной продукции/

Динамика объёмов производства за 2013–2024 гг. (рис. 2) демонстрирует устойчивый рост в обоих кластерах: среднегодовой темп роста (CAGR) в НХТК РБ составил около 22,7%, в КИТПК - около 14,4%. Более высокие темпы роста Башкортостана связаны с низкой стартовой базой и активным расширением малотоннажной химии. Однако в абсолютных значениях разрыв между кластерами увеличивается.

Таблица 2
Сравнение продуктовой специализации кластеров

Продуктовое направление	НХТК РБ	КИТПК РТ
Нефтепереработка (первичная)	ведущая	ведущая
Нефтепереработка (глубокая, гидрокрекинг)	развитая	ведущая (ТАНЕКО)
Крупнотоннажная нефтехимия	ведущая	ведущая
Малотоннажная нефтехимия	ведущая	развивается
Производство этилена	представлено	ведущее (45% РФ)
Производство полиэтилена и полипропилена	представлено	ведущее
Производство поликарбонатов	отсутствует	ведущее
Синтетические каучуки	ведущее	ведущее
Шинная промышленность	отсутствует	ведущая (33% РФ)
Сода каустическая и кальцинированная, ПВХ	ведущее (БСК)	отсутствует
Минеральные удобрения	развивается	ведущее (Аммоний)
Автомобилестроение (связанное)	отсутствует	ведущее (КАМАЗ)
Инжиниринговые услуги ТЭК	ведущее	представлено
Катализаторы для нефтехимии	ведущее	развивается

Источник: составлено автором.

Продуктовая специализация кластеров обнаруживает существенные различия, отражающие исторически сложившуюся отраслевую структуру регионов (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что кластеры функционально дополняют друг друга. Башкортостан доминирует в сегментах крупнотоннажной нефтехимии, малотоннажной спецхимии, производства соды и ПВХ, катализаторов и инжиниринговых услуг ТЭК. Татарстан лидирует в производстве полиэтилена, поликарбонатов, этилена, шин, а также в смежном автомобилестроении. Эта взаимодополняемость создаёт объективные предпосылки для углубления межрегиональной кооперации.

Хотя оба кластера являются участниками единой системы федеральной поддержки, интенсивность использования отдельных инструментов существенно различается (табл. 3).

Таблица 3

Применимость основных инструментов государственной поддержки

Мера поддержки	Норматив	НХТК РБ	КИТПК РТ
Субсидия на возмещение затрат по импортозамещающим проектам	ПП РФ № 41	+	+
Субсидия на стартовые партии (до 150 млн руб.)	ПП РФ № 2407	+	+
Льгота по налогу на прибыль (0% ФБ)	НК РФ, ст. 284.9	через СПИК	через СПИК
Льготные страховые взносы (7,6%)	НК РФ, ст. 427	через СПИК	широко
Режим налогового мониторинга	НК РФ, V.2	частично	широко
Льготные кредиты ФРП (90% КС)	ПП РФ № 295	+	+
Мораторий на налоговые проверки	ПП РФ № 779	+	+

Источник: составлено автором на основе анализа нормативно-правовых актов.

Более широкое применение инструментов налоговых льгот и режима налогового мониторинга в КИТПК обусловлено высокой концентрацией крупных публичных компаний, которые с большей готовностью входят в режим налогового мониторинга. В НХТК РБ ряд механизмов применяется ограниченно в силу преобладания компаний со смешанной структурой собственности.

Для целостной оценки стратегических позиций кластеров проведён сравнительный SWOT-анализ (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительный SWOT-анализ кластеров

Категория	НХТК Башкортостан	КИТПК Татарстан
Сильные стороны (S)	Мощная научная база (ИНХП, УГНТУ) Развитая крупно- и малотоннажная химия Лидерство в соде и каучуках Диверсифицированная продуктовая линейка Близость сырьевой базы	Крупнейший кластер РФ по резидентам Синергия нефтехимии и автопрома Наличие ОЭЗ «Алабуга» мирового уровня Сильный якорь «СИБУР» Развитая инновационная экосистема ВРП ~27% республики
Слабые стороны (W)	Высокая зависимость от «Роснефти» Устаревание части мощностей Дефицит инженерных кадров Экологические риски Стерлитамака Ограниченные иностранные инвестиции	Концентрация на одном холдинге (СИБУР) Критическая зависимость от импорта оборудования Экологическая нагрузка Нижнекамска Сложность координации разноотраслевых резидентов Дефицит квалифицированных специалистов
Возможности (O)	Расширение экспорта в Азию Развитие малотоннажной химии Кооперация с Татарстаном Импортозамещение катализаторов Проекты водородной энергетики	Программа НГХК РТ до 2034 г. Развитие композитов и полимеров Локализация автокомпонентов Переработка вторсырья Расширение ОЭЗ «Алабуга»
Угрозы (T)	Санкции на поставку технологий Волатильность цен на нефть Миграция кадров Ужесточение экологических требований Сокращение федеральных субсидий	Санкции на поставку технологий Зависимость от импортных катализаторов Экологические протесты Конкуренция со стороны стран Ближнего Востока и КНР Снижение спроса на автомобили

Источник: составлено автором.

Для количественной оценки конкурентных позиций кластеров была проведена экспертная балльная оценка по 10 ключевым критериям (рис. 3). По итоговому среднему баллу КИТПК Татарстана (8,8 балла) превосходит НХТК Башкортостана (7,3 балла) по большинству критериев, за исключением объёма государственной поддержки, где Башкортостан занимает более сильную позицию благодаря высокой доле федерального финансирования управляющей компании.

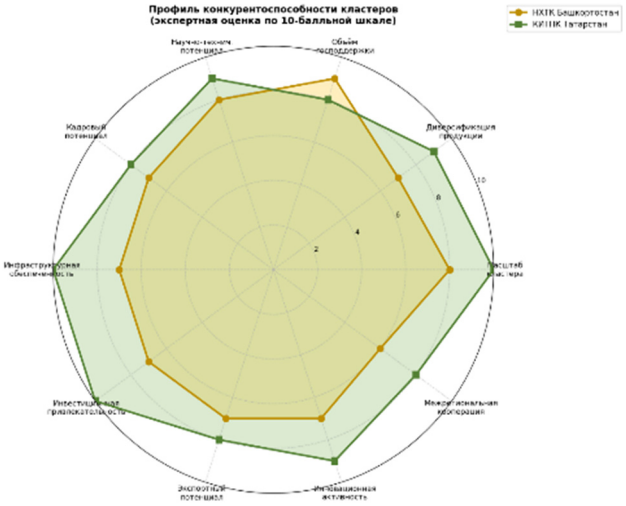


Рисунок 3 - Профиль конкурентоспособности кластеров

На основе проведённого анализа сформулированы следующие основные направления развития государственной поддержки нефтехимических кластеров:

1. Формирование межрегионального нефтехимического макрокластера Приволжского федерального округа на базе предприятий Башкортостана и Татарстана с возможным включением Нижегородской и Самарской областей. Экономическая основа кооперации - разделение продуктовых ниш: Башкортостан специализируется на крупной и малотоннажной нефтехимии, Татарстан - на полимерах и производстве этилена.

2. Развитие системы подготовки инженерных кадров через углубление интеграции кластеров с Казанским национальным исследовательским технологическим университетом, Уфимским государственным нефтяным техническим университетом, Казанским федеральным университетом. Необходимо расширение целевого обучения с гарантированным трудоустройством на предприятиях-резидентах.

3. Расширение программы субсидирования стартовых партий в рамках ПП РФ № 2407 с увеличением лимита на одного заявителя с 150 до 300 млн руб. для технологически сложной продукции с длительным циклом окупаемости (катализаторы, спецхимия, компоненты оборудования).

4. Создание единого информационно-аналитического портала нефтехимических кластеров на базе Ассоциации кластеров, технопарков и ОЭЗ России для обеспечения прозрачности кооперационных связей и мониторинга импортозамещающих проектов.

5. Развитие механизма специальных инвестиционных контрактов (СПИК 2.0) с приоритетным доступом для проектов в области малотоннажной химии, катализаторов, промышленного оборудования - как критически значимых для технологического суверенитета.

Проведённый сравнительный анализ государственных проектов по формированию и поддержке инновационно-промышленных кластеров нефтехимической специализации в Республике Башкортостан и Республике Татарстан позволяет сформулировать следующие выводы.

Во-первых, Российская Федерация располагает развитой трёхуровневой нормативно-правовой системой регулирования кластерной политики, существенно обновлённой в 2022–2025 гг. в направлении усиления поддержки импортозамещения. Законодательство обеспечивает единообразный подход к формированию кластеров при сохранении региональной специфики.

Во-вторых, оба исследованных кластера занимают лидирующие позиции среди промышленных кластеров РФ, однако существенно различаются по масштабу и структуре экономической деятельности. КИТПК Татарстана превосходит НХТК Башкортостана по объёму отгруженной продукции в 2,8 раза, по количеству инвестиционных проектов - в 1,9 раза. При этом Башкортостан демонстрирует более высокие темпы прироста производства.

В-третьих, продуктовые специализации кластеров имеют ярко выраженный взаимодополняющий характер, что создаёт предпосылки для

формирования межрегионального нефтехимического макрокластера Приволжского федерального округа.

В-четвёртых, эффективность применения инструментов государственной поддержки может быть повышена за счёт увеличения лимитов субсидирования для технологически сложной продукции, развития межрегиональной кооперации и усиления кадровой составляющей кластерной политики.

Литература

1. Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). - URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 19.04.2026).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.07.2015 № 779 «О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров» (в редакции от 08.05.2025). - URL: https://base.garant.ru/71150302/ (дата обращения: 19.04.2026).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.01.2016 № 41 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий участникам промышленных кластеров…». - URL: http://government.ru (дата обращения: 19.04.2026).
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2022 № 2407 «О внесении изменений в Правила предоставления из федерального бюджета субсидий участникам промышленных кластеров…». - URL: https://www.zakonrf.info/postanovlenie-pravitelstvo-rf-2407-23122022/ (дата обращения: 19.04.2026).
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.02.2023 № 295 «О государственной поддержке организаций, реализующих инвестиционные проекты, направленные на производство приоритетной продукции».
6. Закон Республики Татарстан от 21.04.2016 № 24-ЗРТ «О промышленной политике в Республике Татарстан».
7. Программа развития нефтегазохимического комплекса Республики Татарстан на 2020–2024 годы и на перспективу до 2034 года. - URL: https://mpt.tatarstan.ru/neftegazohimicheskiy-kompleks.htm (дата обращения: 19.04.2026).
8. Портер М. Конкуренция : учебное пособие / М. Портер ; пер. с англ. - Москва : Вильямс, 2023. - 608 с.
9. Марков Л. С. Кластерная политика: вопросы теории и методологии / Л. С. Марков, М. А. Ягольницер // Регион: экономика и социология. - 2020. - № 2. - С. 217–236.
10. Войнаренко М. П. Кластеры в институциональной экономике : монография / М. П. Войнаренко. - Санкт-Петербург : АНО ИПЭВ, 2013. - 496 с.
11. Цихан Т. В. Кластерная теория экономического развития / Т. В. Цихан // Теория и практика управления. - 2021. - № 5. - С. 40–45.
13. Реестр промышленных кластеров : Государственная информационная система промышленности. - URL: https://gisp.gov.ru/gisip/reg_clusters (дата обращения: 19.04.2026).
14. Карта кластеров России : Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». - URL: https://map.cluster.hse.ru (дата обращения: 19.04.2026).
15. Промышленные кластеры : Российская кластерная обсерватория ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. - URL: https://cluster.hse.ru/industrial (дата обращения: 19.04.2026).
16. Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России. О кластерах. - URL: https://akitrf.ru/clusters/about/ (дата обращения: 19.04.2026).
17. Нефтехимический территориальный кластер Республики Башкортостан : карта кластеров России. - URL: https://map.cluster.hse.ru/cluster/67 (дата обращения: 19.04.2026).
18. Кластеры как новая форма господдержки для бизнеса // Контур. - 2023. - URL: https://kontur.ru/articles/2803 (дата обращения: 19.04.2026).

State projects for the formation and support of innovative industrial clusters of petrochemical specialization: a comparative analysis of the experience of the Republic of Bashkortostan and the Republic of Tatarstan

Dyadchenko D.V., Nechaeva E.N.

V.V. Zhirinovsky University of World Civilizations, Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article provides a comparative analysis of the two largest petrochemical industrial clusters of the Russian Federation - the Petrochemical Territorial Cluster of the Republic of Bashkortostan (NHTC RB) and the Kama Innovative Territorial Production Cluster of the Republic of Tatarstan (KITPK). The mechanisms of state support for clusters at the federal and regional levels are considered, the regulatory framework is analyzed, including Federal Law No. 488-FZ "On Industrial Policy", Resolutions of the Government of the Russian Federation No. 779, No. 41 and No. 2407. The quantitative and qualitative indicators of clusters, their financing structure, and industry specialization were compared. A SWOT analysis and an expert assessment of competitiveness have been developed. The prospects of interregional integration of petrochemical clusters are substantiated and recommendations for improving cluster policy are formulated.

Keywords: industrial cluster, petrochemistry, government support, import substitution, innovative development, Republic of Bashkortostan, Republic of Tatarstan, specialized organization, SPIC, interregional cooperation.

References

1. Federal Law of 31.12.2014 No. 488-FZ "On Industrial Policy in the Russian Federation" (as amended). - URL: http://pravo.gov.ru (accessed on 19.04.2026).
2. Resolution of the Government of the Russian Federation of 31.07.2015 No. 779 "On Industrial Clusters and Specialized Organizations of Industrial Clusters" (as amended on 08.05.2025). - URL: https://base.garant.ru/71150302/ (accessed on 19.04.2026).
3. Resolution of the Government of the Russian Federation of 28.01.2016 No. 41 "On Approval of the Rules for the Provision of Subsidies from the Federal Budget to Participants of Industrial Clusters..." - URL: http://government.ru (date of access: 19.04.2026).
4. Resolution of the Government of the Russian Federation of 23.12.2022 No. 2407 "On Amendments to the Rules for the Provision of Subsidies from the Federal Budget to Participants of Industrial Clusters..." - URL: https://www.zakonrf.info/postanovlenie-pravitelstvo-rf-2407-23122022/ (date of access: 19.04.2026).
5. Resolution of the Government of the Russian Federation of 22.02.2023 No. 295 "On State Support for Organizations Implementing Investment Projects Aimed at the Production of Priority Products".
6. Law of the Republic of Tatarstan of 21.04.2016 No. 24-ZRT "On Industrial Policy in the Republic of Tatarstan".
7. Program for the Development of the Oil and Gas Chemical Complex of the Republic of Tatarstan for 2020–2024 and Through 2034. - URL: https://mpt.tatarstan.ru/neftegazohimicheskiy-kompleks.htm (Accessed: 19.04.2026).
8. Porter, M. Competition: A Study Guide / M. Porter; Translated from English. - Moscow: Williams, 2023. - 608 p.
9. Markov, L. S. Cluster Policy: Theoretical and Methodological Issues / L. S. Markov, M. A. Yagolnitser // Region: Economics and Sociology. - 2020. - No. 2. - pp. 217–236.
10. Voynarenko M. P. Clusters in institutional economics: a monograph / M. P. Voynarenko. - St. Petersburg: ANO IPEV, 2013. - 496 p.
11. Tsikhan T. V. Cluster theory of economic development / T. V. Tsikhan // Theory and practice of management. - 2021. - No. 5. - Pp. 40-45.
13. Register of industrial clusters: State information system of industry. - URL: https://gisp.gov.ru/gisip/reg_clusters (date of access: 19.04.2026).
14. Map of clusters of Russia: National Research University Higher School of Economics. - URL: https://map.cluster.hse.ru (date of access: 19.04.2026).
15. Industrial Clusters: Russian Cluster Observatory of the ISSEK, National Research University Higher School of Economics. - URL: https://cluster.hse.ru/industrial (date of access: 19.04.2026).
16. Association of Clusters, Technology Parks, and SEZs of Russia. About Clusters. - URL: https://akitrf.ru/clusters/about/ (date of access: 19.04.2026).
17. Petrochemical Territorial Cluster of the Republic of Bashkortostan: Map of Clusters in Russia. - URL: https://map.cluster.hse.ru/cluster/67 (date of access: 19.04.2026).
18. Clusters as a New Form of State Support for Business // Kontur. - 2023. - URL: https://kontur.ru/articles/2803 (accessed: 19.04.2026).

Развитие инновационной деятельности на основе искусственного интеллекта в государственных учреждениях

Коготкова Ирина Захаровна
кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры управления проектом, Государственный университет управления, izk2005@mail.ru,

Орлова Диана Андреевна
магистр, Государственный университет управления, Dianka07.05@yandex.ru,

Сороко Григорий Янович
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления проектом, Государственный университет управления, gs150355@mail.ru

В статье исследуется роль технологий искусственного интеллекта (ИИ) в формировании инновационной среды государственного управления. Рассматриваются теоретические аспекты внедрения ИИ, систематизируются его преимущества и недостатки в контексте публичного администрирования. Проведен анализ практического опыта использования интеллектуальных систем в Восточном административном округе (ВАО) Москвы, включая функционирование чат-бота префектуры ВАО. Выявлены основные проблемы фрагментарности внедрения и недостаточной автоматизации обработки обращений граждан. Обосновывается необходимость применения методов проектного управления (Agile, кросс-функциональные команды, управление данными, государственно-частное партнерство) для системной интеграции ИИ-решений в деятельность государственных учреждений. Сформулированы выводы о том, что синергия технологий ИИ и проектного подхода является ключевым условием формирования эффективной инновационной среды на субрегиональном уровне управления.

Ключевые слова: государственное управление, муниципальное управление, автоматизация, Восточный административный округ, инновационная деятельность, инновационная среда, искусственный интеллект, проектное управление, цифровизация, чат-бот.

Введение

На современном этапе управления государством движется к цифровой модели, где ключевую роль играет искусственный интеллект (далее-ИИ). Эти технологии перестали быть чем-то экспериментальным и прочно вошли в повседневную работу госорганов. Поэтому так важно осмыслить их роль в создании инновационной среды – то есть условий (организационных, технологических, социальных), которые помогают рождаться и внедряться передовым решениям. Особый интерес здесь вызывает субрегиональный уровень: административные округа и районы, где государство взаимодействует с гражданами напрямую. Восточный административный округ (ВАО) Москвы – идеальная площадка для такого исследования, так как сочетает неоднородную городскую застройку, хорошую инфраструктуру и активное внедрение цифр в городское хозяйство. Цель данной статьи - выявить роль искусственного интеллекта в развитии инновационной деятельности государственных учреждений и обосновать необходимость применения методов проектного управления для эффективной интеграции ИИ-решений на примере Восточного административного округа.

Основная часть

В научной литературе выделяют три ключевых направления воздействия ИИ на управленческую деятельность: аналитическое (обработка больших данных и прогнозирование), коммуникативное (взаимодействие с гражданами) и контрольное (мониторинг и надзор) [1, с. 47].

Роль искусственного интеллекта в создании инновационной среды государственного управления проявляется через следующие функции:

- трансформация процессов принятия решений (переход от интуитивных к решениям, основанным на данных);
- оптимизация распределения ресурсов на основе предиктивной аналитики;
- повышение доступности и качества государственных услуг через проактивное предоставление;
- создание условий непрерывного совершенствования административных процедур.

Однако внедрение ИИ сопряжено с рядом противоречий, требующих системного анализа. Обобщение теоретических подходов и эмпирических данных позволяет систематизировать достоинства и недостатки использования искусственного интеллекта в государственном секторе.

Рассмотрим подробнее возможности и преимущества искусственного интеллекта в практике государственного управления:

Повышение эффективности и скорости. Автоматизация обработки запросов граждан позволяет сократить время ожидания ответа с нескольких дней до нескольких минут.

Системы на основе ИИ могут обрабатывать неограниченное количество запросов одновременно, что особенно важно в часы пик или при ЧС. Как отмечает В.В. Иванов, «внедрение интеллектуальных систем обработки обращений позволяет высвободить до 40 % рабочего времени сотрудников, занятых рутинными операциями» [2, с. 156].

Персонализация услуг. ИИ позволяет адаптировать госуслуги под нужды граждан. Анализируя историю обращений и профиль, система предлагает релевантные услуги в проактивном режиме. Например, при смене адреса гражданин может автоматически получать информацию о перерегистрации и мерах поддержки в новом районе.

Снижение нагрузки на сотрудников. Передача типовых запросов ИИ освобождает госслужащих для нестандартных задач, требующих человеческого участия и экспертизы. Это повышает качество работы и снижает профессиональное выгорание.

Наряду с преимуществами, есть и недостатки ИИ:

Непонимание контекста и сложных запросов. Современные системы ИИ, особенно на простых алгоритмах, часто неверно интерпретируют сарказм, эмоциональные или сложные запросы. Это ведет к передаче таких обращений человеку, снижая выигрыш в скорости.

Потеря «живой» связи с населением. Избыточная автоматизация создает барьеры между властью и гражданами. Отсутствие человеческого контакта и невозможность получить разъяснения от специалиста снижают доверие. Как подчеркивает Т.В. Соколова, «технологизация коммуникации не должна подменять собой диалог власти и общества, она призвана лишь создавать для этого диалога более комфортные условия» [6, с. 82].

Таким образом, внедрение ИИ госуправление требует взвешенного подхода, учитывающего технологии и социальные риски.

Восточный административный округ Москвы, включающий 16 районов с населением более 1,5 миллиона человек, представляет собой уникальную площадку для адаптации и внедрения интеллектуальных технологий. В настоящее время функционирует «чат-бот» (рис.1) в чате префектуры Восточного административного округа. Он круглосуточно принимает от жителей сообщения о проблемах, однако ответы подготавливают и дают сотрудники префектуры. Такая гибридная модель является переходным этапом к полностью автоматизированной системе.

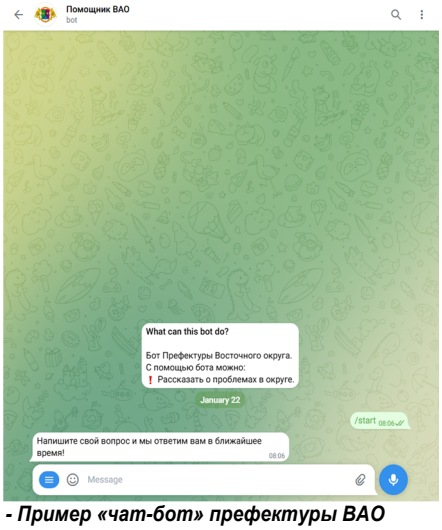


Рисунок 1 - Пример «чат-бот» префектуры ВАО

Чаще всего жалобы поступают по вопросам, относящимся к сфере жилищно-коммунального хозяйства. Граждан не устраивает качество уборки территории, перебои с отоплением, несвоевременный вывоз мусора, состояние подъездов и придомовых территорий. Анализ тематики обращений показывает, что более 80 % всех запросов приходится именно на сферу ЖКХ, что соответствует общероссийской структуре жалоб в органы местной власти.

Проведенный анализ функционирования чат-бота выявил существенную проблему - фрагментарность внедрения.

ИИ в текущей конфигурации выполняет исключительно функцию сбора информации, выступая в роли «цифрового секретаря». В системе не заложены шаблонные ответы на типовые вопросы, отсутствует интеграция с базами знаний и нормативными документами.

Сотрудникам префектуры приходится в ручном режиме:

- читать каждое обращение;
- классифицировать его по тематике; давать первичный ответ (часто формальный);
- пересылать жалобу в ответственную организацию (ГБУ «Жилищник», управу района, ДЕЗ и т.д.);
- получать ответ от исполнителя;
- пересылать ответ жителю.

Для формирования более полной картины уровня цифровизации и внедрения элементов искусственного интеллекта в деятельность органов власти города Москвы на субрегиональном уровне был проведен анализ цифровых инструментов используемых в префектурах нескольких административных округов: Центрального (ЦАО), Северного (САО) и Юго-Восточного (ЮВАО).

Проведенный мониторинг официальных социальных сетях и чат-ботов показал существенную дифференциацию в подходах к организации обратной связи с населением. Так, в префектурах Центрального и Северного административных округов на данный момент не выявлено специализированных чат-ботов («помощников»), предназначенных для автоматизации сбора и обработки обращений граждан. Коммуникация с жителями в данных округах осуществляется преимущественно через классические аккаунты в социальных сетях (ВКонтакте, Telegram-каналы, MAX). Информация в них публикуется в новостном формате, а обратная связь реализуется через комментарии и личные сообщения (но при этом в Telegram префектуры ЦАО комментарии отключены вообще, жители там писать не могут), которые обрабатываются специалистами в ручном режиме. Такой подход, хотя и обеспечивает присутствие органов власти в публичном поле, не позволяет автоматизировать рутинные процессы и соответствует скорее начальному этапу цифровизации, нежели формированию инновационной среды.

Иной уровень использования интеллектуальных технологий демонстрирует префектура Юго-Восточного административного округа. В отличие от ВАО, где чат-бот выполняет преимущественно пассивную функцию сбора информации, в ЮВАО внедрен функциональный бот, ориентированный на решение конкретных задач в сфере занятости и социальной активности. Разработанный инструмент позволяет гражданам оперативно получать информацию о трудоустройстве: пользователь может узнать перечень необходимых документов для конкретной вакансии, а также уточнить требования к кандидатам. Особого внимания заслуживает наличие функции, ориентированной на студенческое сообщество: бот предоставляет возможность проходить опросы. Это свидетельствует о понимании администрацией округа важности сегментации аудитории и ее вовлечения в процессы обратной связи через удобные цифровые каналы.

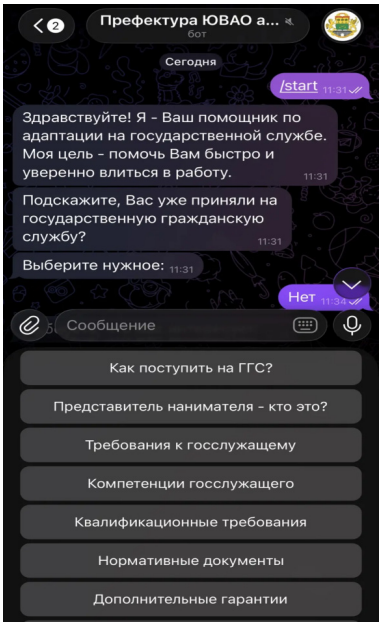


***Рисунок 2** - Пример «чат-бот» префектуры ВАО*

Тот факт, что в ЮВАО сделан акцент на профориентационную и кадровую тематику, а в ВАО - на проблемы жилищно-коммунального хозяйства, подтверждает отсутствие единой стандартизированной платформы для всех округов. Каждая префектура, сталкиваясь с локальной спецификой, вынуждена инициировать разработку «точечных» решений. Отсутствие координации и единой технической политики на уровне округов приводит к дублированию усилий и, как следствие, к фрагментации инновационной среды города.

Таким образом, сравнительный анализ позволяет сделать вывод о высокой степени неоднородности цифрового развития округов Москвы. В то время как в ЦАО и САО сохраняется приверженность традиционным каналам коммуникации без элементов автоматизации, в ЮВАО и ВАО наблюдаются попытки внедрения узкоспециализированных ботов. Однако даже в этих округах решения остаются локальными и не интегрированными в единую экосистему, что подтверждает необходимость применения методов проектного управления для создания унифицированных стандартов.

Такой многоступенчатый процесс с участием человека на каждом этапе нивелирует потенциальные преимущества автоматизации. Сотрудники тратят значительное время на «транзит» информации, вместо того чтобы заниматься содержательным решением проблем.

Для системного развития инновационной среды, базирующейся на ИИ, традиционное (функциональное) управление в государственных учреждениях должно уступать место проектному управлению (project management). Проектный подход позволяет внедрять инновации как ограниченные во времени и ресурсах мероприятия с четкими критериями успеха и возможностью оперативной корректировки [3, с. 30].

Анализ теоретических источников и практики (в т.ч. ВАО) позволяет выделить ключевые методы применения проектного управления для развития инновационной среды. *Метод Agile и Scrum в госсекторе (гибкие методологии)*

Традиционные «водопадные» модели (постановка ТЗ - разработка - сдача) непригодны для ИИ-проектов, так как требования к алгоритмам меняются по мере обучения нейросетей и появления новых данных. Использование Agile позволяет госучреждениям разбивать внедрение ИИ

на короткие итерации (спринты). Как отмечает Л.Н. Федорова, «адаптация Agile-методологии к государственному сектору требует учета специфики бюджетного процесса и нормативного регулирования, но принципиально возможна и дает значительный эффект» [7, с. 62].

Например, внедрение чат-бота в управе района или префектуре округа может происходить поэтапно:

- на первом спринте - ответы на 10-15 типовых вопросов (режим работы, адреса, телефоны);
- на втором - интеграция с базой данных для проверки статуса заявок;
- на третьем - подключение алгоритмов семантического анализа для автоматической классификации обращений;
- на четвертом - интеграция с внешними системами (ГИС ЖКХ, портал госуслуг) для автоматического направления заявок исполнителям.

Такой итеративный подход снижает риски неудач, позволяет оперативно учитывать обратную связь от пользователей и демонстрировать быстрые победы, что критически важно для поддержания мотивации команды и одобрения руководства.

Межведомственное проектное взаимодействие

Инновационная среда требует преодоления ведомственных барьеров («лоскутной автоматизации»). Метод создания кросс-функциональных проектных команд (представители департаментов ИТ, соцзащиты, транспорта, ЖКХ) позволяет создавать комплексные ИИ-решения.

Примером может служить проектный офис по координации внедрения ИИ в масштабах административного округа, объединяющий усилия районных управ, ГБУ «Жилищник», Дирекции по координации деятельности медицинских организаций и других структур.

Такой офис выполняет функции:

- методологического центра (разработка стандартов и регламентов);
- интегратора данных (обеспечение совместимости информационных систем);
- фасилитатора взаимодействия (организация регулярных коммуникаций между ведомствами).

Применительно к ситуации с чат-ботом ВАО, создание такой межведомственной проектной команды позволило бы решить проблему «ручной пересылки» обращений путем интеграции чат-бота с автоматизированными системами документооборота ответственных организаций.

Управление жизненным циклом ИИ-продукта (Data Governance)

В отличие от строительства или закупок, ИИ-проекты требуют постоянного дополнения данных. Методология проектного управления в данном контексте включает следующие этапы:

а) аудит данных (какие данные есть у учреждения, их полнота, качество, актуальность);

б) очистка и разметка данных (Data Mining) для обучения моделей;

в) обучение модели и ее тестирование на контрольных выборках;

г) эксплуатация и дообучение на новых данных.

Это смещает акцент с простой закупки программного обеспечения на долгосрочное управление интеллектуальным продуктом как постоянно развивающимся активом. Для чат-бота префектуры это означает необходимость постоянного анализа истории обращений, выявления новых типовых вопросов и пополнения базы знаний.

Оценка рисков и социально-экономической эффективности

Специфический метод для государственных проектов - обязательная оценка регуляторного воздействия и этических рисков. На стадии инициации проекта по внедрению ИИ (например, системы распознавания лиц в подъездах или расширения функционала чат-бота) проектная группа обязана провести анализ на предмет соответствия законодательству о персональных данных и общественному мнению. Вводятся метрики не только экономии бюджета (сокращение времени обработки, уменьшение количества занятых сотрудников), но и «индекса удовлетворенности граждан», а также «индекса цифрового доверия». Для чат-бота ВАО такими метриками могли бы стать:

- доля обращений, обработанных без участия человека (целевой показатель - не менее 50%);
- среднее время получения ответа; доля пользователей, повторно обратившихся к боту (показатель удовлетворенности).

Формирование инновационной экосистемы через проекты ГЧП

Метод государственно-частного партнерства (ГЧП) в проектной плоскости позволяет привлекать стартапы и ИТ-компании для решения задач округа без длительных бюрократических процедур государственных закупок. Проведение открытых конкурсов (питч-сессий) среди разработчиков ИИ для решения конкретной проблемы района (например, оптимизация маршрутов уборочной техники, разработка интеллектуального чат-бота с расширенной аналитикой) является эффективным методом вливания инноваций в госучреждения. Победитель конкурса получит право реализовать пилотный проект на территории округа с возможностью последующего масштабирования в случае подтверждения его эффективности.

Применительно к ситуации в ВАО, можно было бы провести конкурс на доработку действующего чат-бота, включив в техническое задание такие требования, как автоматическая классификация обращений, интеграция с ведомственными системами и подготовка аналитической отчетности.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сформулирует следующие выводы.

- Установлено, что искусственный интелект является ключевым фактором трансформации государственного управления, обеспечивая рост эффективности обработки обращений, снижение нагрузки на сотрудников и персонализацию услуг. Однако его внедрение сопряжено с рисками непонимания контекста сложных запросов и потенциальной потери «живой» связи с населением, что требует сбалансированного подхода.
- Анализ опыт Восточного административного округа показал успешное применение ИИ в сферах ЖКХ (мониторинг нарушений), транспорта и здравоохранения. В том же время анализ функционирования чат-бота префектуры ВАО выявил проблему фрагментарности внедрения: система выполняет только функцию сбора информации, ответы подготавливаются сотрудниками вручную, отсутствует интеграция с ведомственными системами, что сдерживает формирование целостной инновационной среды.
- Обосновано, что преодоление выявленных проблем возможно путем внедрения специализированных методов проектного управления. Ключевыми методами являются: гибкие методологии (Agile), позволяющие поэтапно наращивать функционал; создание межведомственных проектных команд для интеграции разрозненных систем; управление данными на всех этапах жизненного цикла ИИ-продукта; оценка не только экономической, но и социальной эффективности; а также механизмы государственно-частного партнерства для привлечения инновационных разработок.

Таким образом, теоретический анализ подтверждает, что развитие инновационной деятельности в государственных учреждениях напрямую зависит от способности управленческого аппарата интегрировать технологии ИИ через адаптивные, гибкие проектные механизмы, учитывающие как технологические достоинства, так и социальные риски. Для ВАО рекомендацией является создание проектного офиса по модернизации чат-бота с целью его интеграции в единую экосистему округа и поэтапно расширения функционала на основе Agile-методологии.

Литература

1. Шевалдина, Е. И. Искусственный интеллект в государственном и муниципальном управлении: учебное пособие / Е. И. Шевалдина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КноРус, 2024. - 210 с. - ISBN 978-5-406-12345-6.
2. Цифровая трансформация в государственном управлении / под ред. Е. М. Стырина, Н. Е. Дмитриевой. - М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2023. - 209 с. - ISBN 978-5-7598-2831-0.
3. Харченко, К. В. Проектное управление в государственных и муниципальных органах и учреждениях / К. В. Харченко. - М.: КноРус, 2024. - 248 с. - ISBN 978-5-406-12456-9.
4. Концепция развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 19 августа 2020 г. № 2129-р // Собрание законодательства РФ. - 2020. - № 35. - Ст. 5593.
5. Зорин, Г. Е. Технологии «умный город» и их применение в управлении территорией [Электронный ресурс] / Г. Е. Зорин // Otherreferats.Allbest.ru: [сайт]. - 2022 URL: https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/01339424_0.html (дата обращения: 23.02.2026).
6. Зотов В.Б., Терехова К.О., Царапов М.Н. Структура цифровых технологий в Москве // Муниципальная академия. - 2022. - №2. - С. 10-15.
7. Гусева М.Н., Коготкова И.З. Разработка модели IT проекта с применением гибких технологий. В сборнике: Гуманизация современной науки и образования: насущные проблемы, пути решения. Сборник статей XXVI Всероссийской научной конференции. Москва, 2025. С. 43-46.

8. Коготкова И.З., Сороко Г.Я. Реализация IT- проектов в государственном секторе: анализ и рекомендации. - В сборнике: Гуманизация современной науки и образования: насущные проблемы, пути решения. Сборник статей XXVI Всероссийской научной конференции. Москва, 2025. С. 51-54.

9. Горячкин, Б. С. Этические аспекты использования систем искусственного интеллекта / Б. С. Горячкин, Ю. П. Королева // International Journal of Open Information Technologies. - 2023. - Т. 11, № 4. - С. 112-118. - ISSN 2307-8162.

10. Журавлев, В. М. Применение практики гибких методологий в государственном секторе / В. М. Журавлев, А. Г. Дмитриев // Московский экономический журнал. - 2022. - № 5. - С. 45-52. - ISSN 2413-046X.

11. Анисимов, А.Ю. Искусственный интеллект в современном обществе: текущее состояние и оценка перспектив развития / А.Ю. Анисимов, А.Н. Алексахин, С.А. Алексахина, Е.И. Алёхин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 3, № 4. – С. 78-86.

12. Валиев, Р.М. Развитие искусственного интеллекта: подходы к определению / Р.М. Валиев // Вестник университета. – 2021. – № 6. – С. 23-29. – ISSN 1816-4277.

Development of innovative activities based on artificial intelligence in government agencies

Kogotkova I.Z., Orlova D.A., Soroko G.Ya.
State University of Management

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This article explores the role of artificial intelligence (AI) technologies in shaping an innovative public administration environment. It examines the theoretical aspects of AI implementation and systematizes its advantages and disadvantages in the context of public administration. The article analyzes the practical experience of using intelligent systems in the Eastern Administrative District of Moscow, including the functioning of the chatbot of the VAO Prefecture. It identifies the main challenges of fragmented implementation and insufficient automation of processing citizens' appeals. The paper substantiates the need to apply project management methods (Agile, cross-functional teams, data management, and public-private partnerships) for the systematic integration of AI solutions into the activities of public institutions. The paper concludes that the synergy of AI technologies and the project approach is a key condition for creating an effective innovation environment at the subregional level of governance.

Keywords: public administration, municipal administration, automation, Eastern Administrative District, innovation activities, innovation environment, artificial intelligence, project management, digitalization, chatbot.

References

1. Shevaldina, E. I. Artificial Intelligence in State and Municipal Administration: A Textbook / E. I. Shevaldina. - 2nd edition, revised and expanded. - Moscow: KnoRus, 2024. - 210 p. - ISBN 978-5-406-12345-6.
2. Digital Transformation in Public Administration / edited by E. M. Styrin and N. E. Dmitrieva. Moscow: Higher School of Economics Publishing House, 2023. 209 p. ISBN 978-5-7598-2831-0.
3. Kharchenko, K. C. Project management in state and municipal bodies and institutions / K. C. Kharchenko. Moscow: KnoRus, 2024. -248 p. - ISBN 978-5-406-12456-9.
4. The Concept of Development of Regulation of Relations in the Sphere of Artificial Intelligence Technologies until 2030: approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 2129-r dated August 19, 2020 // Collection of Legislation of the Russian Federation. - 2020. - No. 35. - Art. 5593.
5. Zorin, G. E. Smart City Technologies and Their Application in Territory Management [Electronic resource] / G. E. Zorin // Otherreferats.Allbest.ru: [website]. - 2022 URL: https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/01339424_0.html (accessed on 23.02.2026).
6. Zotov V.B., Terekhova K.O., Tsarapov M.N. The Structure of Digital Technologies in Moscow // Municipal Academy. - 2022. - No. 2. - Pp. 10-15.
7. Guseva M.N., Kogotkova I.Z. Development of an IT Project Model Using Flexible Technologies. In the collection: Humanization of Modern Science and Education: Current Issues and Solutions. Collection of Articles from the XXVI All-Russian Scientific Conference. Moscow, 2025. Pp. 43-46.
8. Kogotkova I.Z., Soroko G.Ya. Implementation of IT Projects in the Public Sector: Analysis and Recommendations. - In the collection: Humanization of Modern Science and Education: Current Issues and Solutions. Collection of Articles from the XXVI All-Russian Scientific Conference. Moscow, 2025. Pp. 51-54.
9. Goryachkin, B. S. Ethical Aspects of Using Artificial Intelligence Systems / B. S. Goryachkin, Yu. P. Koroleva // International Journal of Open Information Technologies. - 2023. - Vol. 11, No. 4. - Pp. 112-118. - ISSN 2307-8162.
10. Zhuravlev, V. M. Application of Flexible Methodology Practices in the Public Sector / V. M. Zhuravlev, A. G. Dmitriev // Moscow Economic Journal, 2022, No. 5, pp. 45-52. ISSN 2413-046X.
11. Anisimov, A.Yu. Artificial Intelligence in Modern Society: Current State and Assessment of Development Prospects / A.Yu. Anisimov, A.N. Aleksakhin, S.A. Aleksakhina, E.I. Alyokhin // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2023. – Vol. 3, No. 4. – Pp. 78-86.
12. Valiev, R.M. Development of Artificial Intelligence: Approaches to Definition / R.M. Valiev // University Bulletin. – 2021. – No. 6. – Pp. 23-29. – ISSN 1816-4277.

Роль социально-психологического климата в инновационном поведении сотрудников: управленческие стили и эффективность организационных трансформаций

Соколова Ирина Александровна
к.ф.н., доцент кафедры менеджмент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения,

Зенкова Татьяна Юрьевна
к.э.н., доцент кафедры менеджмент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

В данной работе рассматривается важность социально-психологического климата в разрезе организационной эффективности и организационных трансформаций. Компании, адаптируясь к изменениям внешней среды, которая отличается на данный момент времени нелинейностью, сложностью и неопределенностью, пытаются найти опоры организационной компетенции. И в качестве такой опоры выступает социально-психологический климат, который и создает благоприятные возможности для реализации организационных трансформаций. Акцентируется внимание на инновационном поведении сотрудников, как условие конкурентоспособности организации в условиях экономики знаний. Анализируется роль социально-психологического климата в поддержке инновационной активности персонала. Рассматривается структура социально-психологического климата в разрезе возможности реализации инноваций. Особое внимание уделяется анализу стиля руководства, как одному из главных факторов, который оказывает влияние на существующий в организации социально-психологический климат. Рассматривается характеристика благоприятного и неблагоприятного социально-психологического климата. Авторы обращают внимание на воздействие стиля руководства на формирование благоприятной организационной среды. Подчеркивается, что в зависимости от выбранного стиля руководства осуществляется реализация кадровой политики организация. Рассмотрение стиля руководства осуществляется в рамках современных тенденций в управления человеческими ресурсами, которые определяют вектор в выборе эффективного стиля руководства на данный момент времени.

Ключевые слова: стиль руководства, методы руководства, организационная среда, позитивный социально-психологический климат, современные тенденции управления человеческими ресурсами, инновационная активность, HR архитектор, организационные трансформации, инновационное поведение, кадровая политика.

В современных условиях нестабильности, неопределенности и неоднозначности, организации ориентируются на достижение конкурентоспособности через организационные трансформации, которые направлены на улучшение стратегии, организационной структуры и бизнес процессов. Гарантом реализации данных намерений организации становится HR департамент, который выступает как архитектор организационного дизайна и процессов управления человеческими ресурсами, интегрированными в бизнес стратегию организации. Система управления человеческими ресурсами обеспечивает организации реализацию ее стратегических намерений через создание и развитие организационный среды, где HR остановится архитектором организационных трансформаций.

Основными векторами развития организаций сегодня являются инновационная активность и готовность к изменениям. Инновационная активность персонала является важным ресурсом дальнейшего организационного развития. Согласно исследованиям, проведенным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ «в России высказывали какие-либо идеи на рабочем месте за последние три года 11% наемных работников (далее – сотрудники-инноваторы). Как и в предыдущие годы, эти предложения чаще всего касались улучшения товаров и услуг (44%) либо процессов их разработки и производства (38%), нежели создания чего-либо нового, в том числе новых продуктов (32%). Так, 87% сотрудников-инноваторов сообщили, что хотя бы одно их предложение было реализовано полностью или частично. До полной реализации чаще всего доходили идеи, связанные с созданием новых товаров и услуг, реже всего – с внедрением новых методов работы с персоналом. При этом потенциал вовлечения сотрудников, готовых делиться своими идеями, далеко не исчерпан: пока еще довольно высока (34%) доля работников, отметивших отсутствие в их организациях даже базовых условий для инновационной активности» [3]. Поэтому, для увеличения инновационной активности сотрудников, организациям необходимо обратить внимание на формирование благоприятной организационной среды.

Инновационную активность персонала можно определить как «целенаправленную, динамическую деятельность персонала всех категорий и уровней управления по разработке и внедрению инноваций, в рамках которой реализуются имеющиеся компетенции, а также проявляются заинтересованность, инициативность, предприимчивость и ответственность сотрудников в результатах такой деятельности» [1] Таким образом, инновационная активность персонала выражается в:

1) Инновационных компетенциях сотрудника, которые представлены в следующих кластерах: креативность, предприимчивость, обучение и развитие, сотрудничество. [8]

2) Инновационном поведении, которое находит отражение в количественном показателе, как количество предложенных инновационных идей в среднем на 1 сотрудника.

Учитывая важность инновационной активности персонала в достижении его конкурентноспособности, необходимо создать условия для готовности и способности персонала к проявлению инновационной активности. Инновационное поведение складывается из внутренних и внешних факторов. Внутренние факторы – это личностные особенности сотрудника: психологический тип, «мягкие компетенции сотрудника», внутренняя мотивация, ценности и установки, которые определяют его инновационный потенциал, как возможность создания инноваций. Внешние факторы это факторы организационной среды: социально-психологический климат, стиль руководства, система мотивации и стимулирования, тип организационной культуры, условия труда, организационная структура. Роль HR департамента проявляется в том, чтобы на этапе найма, отбора и подбора персонала определить для каждой должности важность наличия интеллектуального потенциала у сотрудника при найме его на работу. И далее создавать организационные условия для раскрытия и реализации интеллектуального потенциала сотрудника, используя для этого необходимые методы и инструменты. Таким образом, необходимо создать условия для реализации и развития инновационного климата, которые бы способствовали раскрытию творческого потенциала сотрудников, стимулировали к инновационной деятельности.

На наш взгляд социально-психологический климат является фундаментом благоприятной организационной среды, которая и обеспечивает возможность реализации инновационных инициатив организации и яв-

ляется инфраструктурой готовности и принятия сотрудниками изменений. Поэтому департамент HR является архитектором позитивного социально-психологического климата, используя инструменты и технологии, необходимые для анализа, проектирования и улучшения социально-психологического климата.

В литературе не сложилось однозначного определения социально-психологического климата. Рассматривая социально-психологический климат, как инструмент формирования инновационного организационного поведения, отметим, что это комплексная характеристика, которая включает эмоциональный настрой сотрудников, качество горизонтальных и вертикальных межличностных характеристик, отношение к трудовой деятельности. Определяет насколько организационная среда, является благоприятной для продуктивной инновационной деятельности.

Инновационная активность напрямую определяется социально-психологическим климатом, который выступает катализатором нововведений. Выявление данной зависимости рассмотрим через структуру социально-психологического климата, который представлен таким компонентами, как: эмоциональный, когнитивный, поведенческий.

Эмоциональный компонент отвечает за психологическую безопасность. Если эмоциональный фон сотрудника позитивный, что выражается в психологической безопасности, заинтересованности, энтузиазме, степенью принадлежностью к группе, эмоциональной окраске межличностных то он будет генерировать идеи. Если сотрудник испытывает страх ошибки и ощущает тревогу, то инновационная активность практически невозможна. Таким образом, сотрудники будут готовы предлагать идеи только тогда, если будут чувствовать уверенность, за отсутствие наказания за ошибку или критику.

Когнитивный компонент отвечает за осознание и принятий организационных целей и норм совместной деятельности, которые представлены в миссии организации, ценностях, стратегии, условиях деятельности и стиле руководства, восприятии справедливости и несправедливости в организации. Данный компонент определяет смысловую согласованность деятельности персонала и является фундаментом для формирования единой системы ожиданий и оценок. Этот компонент очень важен для инновационного климата, так как только смысловая организационная причастность создает среду для творчества, так, как предлагать новшества можно только тогда, когда есть понимание бизнес-процессов, организационных целей и смыслов.

Поведенческий компонент является внешним индикатором социально-психологического климата. Отражает взаимодействие между сотрудниками организации по горизонтали и вертикали. Данный компонент включает: степень психологического совместимости, уровень сплоченности команды, наличие взаимопомощи и поддержки, конфликтность или сотрудничество.

Таким образом, поведенческий компонент – определяет проявление организационной модели поведения, которая выражается в характере общения между сотрудниками. Например, сформирована ли культура сотрудничества или процветает жесткая конкуренция, которая препятствует достижению общей цели и замыкает результаты на конкретном сотруднике или структурном подраздел, что оказывает влияние на степень сплоченности коллектива. Существует ли в коллективе поддержка или проявляется критика. Каким образом, происходит решение конфликтов. Насколько быстро сотрудники готовы включиться в новые процессы. Каким образом проявляются организационные ритуалы и какие ценности они подкрепляют.

Структура психологического климата определяется системой сложившихся отношений между людьми. Эти отношения могут быть многообразны, поэтому социально-психологический климат может быть охарактеризован как «благоприятный» или «неблагоприятный».

Таблица 1

Характеристики благоприятного и неблагоприятного социально-психологического климата

Компонент	Индикаторы благоприятного социально-психологического климата	Индикаторы неблагоприятного социально-психологического климата
Эмоциональный	позитивные эмоции чувство психологической безопасности, доверие к коллегам и руководителю удовлетворенность работой удовлетворенность межличностными отношениями	Пессимизм, раздражительность, скука, апатия Низкий уровень психологической безопасности, отсутствие доверия Страх, боязнь ошибки Напряженность в коллективе
Когнитивный	Адекватные и объективные знания о коллегах Высокий уровень взаимопонимания Осознание целей и ценностей организации	Поверхностное и искаженное знание о сотрудниках Высокий уровень конфликтности Не принятие, не понимание целей и ценностей организации
	Знание о стратегии организации, основных бизнес-процессах, индикаторах ее эффективности Понимание и принятие ответственности Осознание и принятие своего статуса и роли в команде Высокая информированность о всех событиях	Размытые зоны ответственности и функциональных задач Несформированные представления о своей роли Низкая информационная осведомленность
Поведенческий	Высокая трудовая дисциплина Готовность выходить за рамки функциональных обязанностей Инициативность Готовность работать сверхурочно Взаимопощь и поддержка Ориентация на команду Позитивная коммуникация Готовность к принятию изменений Быстрая адаптируемость к изменениям Уважение, доверие, поддержка руководителя Совместное проведение досуга за рамками работы	Низкая трудовая дисциплина Работа в рамках функционала и рабочего графика Имитация бурной деятельности Конфликтность Разобщенность Пассивная и агрессивная коммуникация Открытое или пассивное саботирование изменений Страх, лесть, саботаж, сокрытие проблем для руководства Отсутствие неформальных связей вне работы

Социально-психологический климат, создавая благоприятную организационную среду, находит свое выражение в таким HR метриках, как: текучесть кадров, уровень абсентеизма, количество поданных инновационных идей, уровень удовлетворенности, лояльности и вовлеченности персонала, уровень производительности труда.

Таким образом, позитивный социально-психологический климат оказывает влияние на настроение коллектива и каждого сотрудника в отдельности, что влияет на готовность сотрудника принимать организационные изменения, верить и с готовностью участвовать в новых проектах и.д. Хороший социально-психологический климат способствует повышению качества выполнения функциональных обязанностей, повышает удовлетворенность от процесса и результата работы.

На формирование социально-психологического климата оказывает влияние ряд факторов. Факторы макросреды определяют тренды, факторы микросреды формируют организационную среду. К факторам макросреды относят: демографические, экономические, экологические, научно-технические, политические, культурные. К факторам микросреды относят: организационная структура, стиль руководства, коммуникации, условия труда и организация рабочего пространства, социально-демографическая структура, корпоративная культура, система мотивации и управление карьерой. Безусловно, все факторы важны при формировании социально-психологического климата в организации. Но, определяющим фактором, на наш взгляд, является стиль руководства, который задает правила функционирования организации и определяет форму выражения всех факторов микросреды. Именно руководитель формирует лояльность и вовлеченность сотрудника.

Функциональные обязанности руководителя многообразны и зависят от многих факторов. Общим знаменателем будет наличие сильной профессиональной экспертизы, виртуозное владение инструментами руководителя, наличие «мягких» универсальных компетенций, поддерживающих управленческую деятельность. Профессиональная деятельность руководителя отличается сложностью, нестандартностью, динамичностью, ненормированностью и т.д. Реализация процесса управления осуществляется через стиль руководства. Стиль руководства реализуется через комплекс методов управления коллективом для достижения целей организации.

В литературе укрепилась классификация психолога Курта Левина, выделяющая три базовых стиля, каждый из которых задает совершенно разный вектор развития социально-психологического климата. Рассмотрим эффективность авторитарного стиля руководства в поддержке социально-психологического климата. Социально-психологический климат можно охарактеризовать как неблагоприятный, так как подрывается психологическая безопасность, которая должна создавать атмосферу доверия и уважения. В коллективе царит конфликтность, напряженность, видимость порядка, жесткий формализм и бюрократия. Индикаторами социально-психологического климата при авторитарном стиле управления будут: выученная беспомощность, синдром эмоционального выгорания, разрушение горизонтальной и вертикальной поддержки, имитация бурной деятельности, скрытый саботаж и конфликты, нарушению обратной связи. По HR метрикам наблюдается увеличение количества больничных, низкая удовлетворенность, лояльность и вовлеченность, высокая текучесть кадров. Таким, образом, неблагоприятный социально-психологический климат при авторитарном руководстве снижает готовность компании к адаптации и развитию. Применимость авторитарного стиля уместна только при управлении незрелыми, некомпетентными сотруд-

никами, в условиях необходимости быстрого принятия решения, в организациях , ориентированных на безопасность и регламентацию процедур.

При демократичном стиле управления, руководитель опирается на коллегиальное решение, делегирование полномочий и ответственности, запрашивает обратную связь, поощряет инициативу, использует публичное признание и дает справедливую оценку, развивает горизонтальные связи и дает справедливую оценку, использует убеждение, а не приказ. В результате формируется благоприятный социально-психологический климат, где существует психологическая безопасность, удовлетворенность работой, снижение эмоционального выгорания, укрепление горизонтальных и вертикальных связей на основе организационной идентичности, повышение реальной производительности труда, культура взаимопомощи и управления знаниями. Как итог появление инновационной активности, уменьшение текучести кадров, высокая адаптивность, способность к росту и репутация хорошего работодателя на рынке труда. Безусловно, демократический стиль не является панацей для всех организаций, он эффективен при решении сложной творческой задачи, при высоком уровне экспертизы сотрудников, при временном заделе, при необходимости развития инициативы и вовлеченности в интеллектуальном труде.

При либеральном стиле руководитель опирается на полное делегирование при котором отпускает управление задачей, не выделяет ресурсы, не создает условия, не следит за ходом выполнения задач. Уходит от принятия решения, где решение или не принимается или ответственность перекладывается на подчиненных. Отпускает контроль – не держит «руку на пульсе», не проверяет промежуточные итоги. Выбирает стратегию невмешательства в конфликтную ситуацию при решении рабочих моментов. Использует пассивную коммуникацию, которая выражается в отсутствии обратной связи и необходимости встреч с подчиненными. В результате таких методов управления социально-психологический тип можно охарактеризовать как неблагоприятный, так как очень сложно в таком коллективе определены зоны ответственности и полномочий, возникают разнообразные конфликты, который никак не решаются, из-за отсутствия обратной связи сотрудники слабо понимают модель организационной эффективности. В результате в коллективе преобладает тревожный фон, вызванный неопределенностью. Низкая инициатива и удовлетворенность работой. Высокая конфликтность и низкая степень доверия. Организация с таким стилем руководства может быть эффективна только в определенных условиях, например в экспертных самомотивированных командах или как формальное руководство. В остальных же случаях данный стиль не эффективен.

На наш взгляд, для благоприятного социально-психологического климата наиболее подходит демократический стиль руководства, так именно он создает возможность психологической безопасности, формирует атмосферу доверия, уважения и вовлеченности. Но, подчеркнем, что данный стиль управления имеет определенные ограничения, поэтому необходимо ориентироваться на отраслевую принадлежность, цели и задачи, стоящие перед организацией и уровень экспертности сотрудников.

Отметим, что современные тенденции в управлении человеческими ресурсами не совместимы с авторитарным стилем руководства. Современное управление человеческими ресурсами уходит от административного контроля к экосистеме развития и благополучия сотрудников. Эти изменения не просто дополняют, а фундаментально меняют требования к стилю руководства. Но здесь мы обращаем внимание, что современный руководитель не всегда использует демократичный стиль руководства, а исходя из уровня готовности сотрудников, временного ресурса, целей и зада способен гибко перестраиваться между стилями руководства. Но, тем не менее, основой для реализации современных тенденций в управлении человеческими ресурсами является демократичный стиль. Так как, парадигма управления человеческими ресурсами стала человекоцентричной, где именно человек является носителем инновационной активности организации, который приводит в движение другие организационные ресурсы, такие, как финансовые, материальные, организационные и клиентские. Именно при использовании демократичного стиля руководства возможно в полном объеме раскрыть трудовой потенциал сотрудника. Экономика знаний сменила постиндустриальную экономику и ориентир сейчас на инициативу, творчество и инновации. Авторитарный же стиль руководства не допускает инаковости и требует отзеркаливания своей верной точки зрения во всех формах и проявлениях. Демократичный стиль руководства опирается на коучинг, практикует развивающую обратную связь. В условиях нестабильности, сложности, непредсказуемости и нелинейности требуется очень быстро принимать решения, авторитарный стиль слишком заформализован, поэтому очень медленно реагирует на необходимость изменений. Демократичный стиль, опираясь на делегирование, способен быстро решать возникающие задачи. Исследования Эми Эдмондсон и Google показывают: именно психологическая безопасность — главный предиктор эффективности команд и скорости обучения, опережающий структуру, роли и даже уровень компетенций. [7]. Автор концепции психологической безопасности Эми Эдмондсон, следующим образом определяет психологическую безопасность «как чувство уверенности в том, что команда не смутит, не отвергнет и не накажет кого-либо за высказывание своего мнения».[4]

Если опираться на теорию самодетерминации, разработанной Э. Деси и Р. Райан, которая была разработана с целью объяснить внутреннюю мотивацию человека и его стремление к развитию, то в ее основе лежит следующая концепция: у людей есть три базовые психологические потребности. «Это потребность в автономии - т. е. стремление быть не только инициатором собственных действий, но самостоятельно регулировать поведение в зависимости от текущих задач. Потребность в компетентности - заключается в желании быть эффективным и достигать определенных результатов деятельности. Потребность во взаимосвязи с другими членами общества выделяется с учетом того, что личность невозможно рассматривать в отрыве от социума. В ее основе лежит чувство принадлежности к определенной группе. В трудовой деятельности и в жизнедеятельности эти три базовые потребности, а точнее, их полноценное удовлетворение, создают фундамент успешного функционирования». [2] Таким образом, когда эти потребности удовлетворяются, человек испытывает удовлетворение от своей деятельности и чувствует себя счастливым и успешным. Подытожим, демократический стиль удовлетворяет все три потребности.

Выход на работу соискателей, для которых методы авторитарного стиля не допустимы изначально, так как современное поколение X и Z ценят автономию и свободу, выбирают смысл и осознанность, стремятся к горизонтальной коммуникации.

Высшая школа бизнеса (ВШБ) НИУ ВШЭ, платформа hh.ru и стаффинговая группа Ancor провели исследование важнейших тенденций в HR на 2026 г. В нем приняли участие 382 респондента – специалисты и директора по HR, а также руководители компаний и бизнес-подразделений. [9] Согласно исследованиям, первое место в рейтинге занимает внимание к повышению производительности труда и операционной эффективности, на втором месте - развитие бренда работодателя, на третьем месте - увеличение усилий по удержанию персонала. Далее респонденты отметили такие тренды, как: внедрение практики наставничества, усиление человекоцентричности работодателей, пересмотр подходов к вовлеченности персонала, цифровизация HR, рост внимания к обучению и развитию персонала, борьба с дефицитом линейного персонала, развитие внутренней мобильности персонала.

Рассмотри взаимосвязь трендов, занимающих лидирующие позиции в области управления человеческими ресурсами с социально-психологическим климатом и стилем руководства. Для решения проблемы повышения производительности и операционной эффективности необходимо использовать ситуационный стиль руководства с элементами авторитарного стиля. Данный выбор опирается на задачи, скорость принятия решений, необходимость контроля, ориентация на квалификацию исполнителей. Такой тренд как развитие бренда работодателя связан с необходимостью уделять больше внимания ценностному предложению о работе, для того, чтобы снижать текучесть персонала и привлекать соискателей с рынка труда. Бренд работодателя – это образ компании как хорошего места работы для сотрудников и соискателей. Для внешних и внутренних соискателей формируется ценностное предложения о работе, которое включает набор преимуществ, которые предлагает работодатель сотруднику в обмен на его готовность принять предложение о работе или как результат появления лояльности и вовлеченности у сотрудников. В структуру ценностного предложения обычно включают характеристики, содержание функциональных обязанностей, формат работы, стиль руководства, коммуникации, HR процессы, корпоративная культура. Инструментом внутреннего бренда работодателя является кадровая политика, для внешнего бренда это карьерный сайты, социальные сети, ярмарки вакансий, тематические конкурсы и конференции. Позитивный бренд работодателя формирует его узнаваемость, обеспечивает привлечение большего количества нужных сотрудников, работает над удержанием талантов. Данный тренд основан на демократичный стиль руководства, в основе которого лежат регулярные пульс опросы для выявления ожиданий кандидатов, оценка уровня удовлетворенности и лояльности сотрудников, которые необходимы для составления ценностного предложения. По результатам опросов, HR подразделения вносит корректировки, сотрудники видят, что они значимы и к ним прислушиваются. Поощряется командная работа, что продвигает горизонтальные связи. При сильном

бренде работодателя сотрудники готовы рекомендовать компанию, как хорошее место работы. Социально-психологический климат. [6]

Тренд увеличение усилий по удержанию персонала. Согласно исследованиям, проведенным Высшей школой бизнеса НИУ ВШЭ совместно с платформой hh.ru и стаффинговой группой Ancor «Почти 69% респондентов планируют продолжать усилия для удержания, но речь все чаще идет о точечных действиях: сохранении ключевых сотрудников, создании условий для самых результативных специалистов, оценке реальной эффективности применяемых инструментов. Тренд постепенно переходит из зоны активной борьбы за кадры в область расчетливого анализа и прагматичных решений». [9] При таком подходе наиболее подходящим выбором будет ситуационный стиль руководства, который направляет больше внимание на удержания ключевых сотрудников, не оставляя без внимания общую атмосферу социально-психологического климата, гарантируя справедливое вознаграждения труда, психологическую безопасность и понятные процедуры.

Таким образом, важность социально-психологического климата в организации и выбор стиля руководства является фундаментальной основой эффективного управления. Организация может иметь укомплектованный штат профессионалов, но ошибка в выборе и реализации стиля руководства негативно отразится на социально-психологическом климате, что может спровоцировать проявление неблагоприятной организационной атмосферы, которая не способствует повышению организационной эффективности.

Таким образом, благоприятный социально-психологический климат способствует поддержке инновационной активности персонала и обеспечивает бесперебойную работу бизнес-процессов организации, поддерживая стабильность кадрового состава, оказывая влияние на производительность труда. HR департамент является архитектором и проводником позитивного благоприятного климата, гарантом сохранения ключевой организационной компетенции.

Литература

1. Виноградова Т.А. Реализация оценки и анализа уровня инновационной активности персонала предприятия /Т.А. Виноградова, М.С. Кувшинов //Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2021. Т. 15, № 2. С. 132–139.
2. Волков И.В. Возможности теории самодерминации для изучения организационного поведения /И.В. Волков, О.М. Исаева //Системная психология и социологи, 2021, № 4 (40), С 60-67.
3. Идеи сотрудников как инновационный ресурс организации Наука. Технологии. Инновации. Высшая школа экономики. Национальный исследовательский университет. Институт статистических исследований и экономики знаний. - Режим доступа: https://issek.hse.ru (дата обращения 19.04.2026)
4. Психологическая безопасность// Сберуниверситет - Режим доступа: https://sberuniversity.ru/research/management-practices/practical-guide/korporativnaya-kultura/psikhologicheskaya-bezopasnost/ (Дата обращения 10.02.2026)
5. Социально-психологический климат в коллективе//Генеральный директор – Режим доступа: https://www.gd.ru/articles/11653-sotsialno-psihologicheskiy-klimat-v-kollektive (Дата обращения 10.02.2026)
6. Топ-3 приоритетных факторов при выборе работы соискателями — зарплата, адекватное начальство и стабильность компании //Superjob – Режим доступа https://www.superjob.ru/research/articles/113593/top-3-prioritetnyh-faktorov-pri-vybore-raboty-soiskatelyami/ (Дата обращения 10.02.2026)
7. Что делает команды эффективными? 5 открытий из исследования Google// okr academe Режим доступа https://okr-academy.ru/google_teams (Дата обращения 10.02.2026)
8. Эсаулова И.А. Инновационный потенциал персонала как источник динамических возможностей организации/И.А. Эсаулова // Вестник НГУЭУ. - 2015. - № 2. - С. 262-271. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23837532_20675637.pdf (дата обращения 19.04.2026)
9. HR-тренды 2026 года в зеркале приоритетов российских компаний – Режим доступа: https://gsb.hse.ru/news/1109300068.html (Дата обращения 10.02.2026)

The role of socio-psychological climate in the innovative behavior of employees: management styles and the effectiveness of organizational transformations

Sokolova I.A., Zenkova T.Yu.
Far Eastern State Transport University

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This paper examines the importance of the socio-psychological climate in terms of organizational effectiveness and organizational transformation. Companies, adapting to changes in the external environment, which is currently characterized by non-linearity, complexity and uncertainty, are trying to find the foundations of organizational competence. And the socio-psychological climate acts as such a support, which creates favorable opportunities for the implementation of organizational transformations. Attention is focused on the innovative behavior of employees as a condition for the competitiveness of an organization in a knowledge economy. The role of the socio-psychological climate in supporting staff innovation is analyzed. The structure of the socio-psychological climate is considered in terms of the possibility of implementing innovations. Special attention is paid to the analysis of leadership style as one of the main factors that influences the existing socio-psychological climate in the organization. The characteristics of favorable and unfavorable socio-psychological climate are considered. The authors draw attention to the impact of leadership style on the formation of a favorable organizational environment. It is emphasized that, depending on the chosen leadership style, the organization's personnel policy is implemented. The management style is considered within the framework of modern trends in human resource management, which determine the vector in choosing an effective leadership style at a given time.

Keywords: leadership style, leadership methods, organizational environment, positive socio-psychological climate, modern trends in human resource management, innovation activity, HR architect, organizational transformation, innovative behavior, personnel policy.

References

1. Vinogradova T.A. Implementation of Assessment and Analysis of the Level of Innovative Activity of Enterprise Personnel / T.A. Vinogradova, M.S. Kuvshinov // Bulletin of SUSU. Series "Economics and Management". 2021. Vol. 15, No. 2. pp. 132-139.
2. Volkov I.V. Possibilities of Self-Determination Theory for Studying Organizational Behavior / I.V. Volkov, O.M. Isaeva // Systems Psychology and Sociology, 2021, No. 4 (40), pp. 60-67.
3. Employee Ideas as an Innovative Resource of an Organization Science. Technology. Innovation. Higher School of Economics. National Research University. Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge. - Access mode: https://issek.hse.ru (date of access 19.04.2026)
4. Psychological safety// Sberuniversity - Access mode: https://sberuniversity.ru/research/management-practices/practical-guide/korporativnaya-kultura/psikhologicheskaya-bezopasnost/ (date of access 10.02.2026)
5. Socio-psychological climate in the team// CEO - Access mode: https://www.gd.ru/articles/11653-sotsialno-psihologicheskiy-klimat-v-kollektive (date of access 10.02.2026)
6. Top 3 priority factors when choosing a job for job seekers are salary, adequate management, and company stability // Superjob - Access mode https://www.superjob.ru/research/articles/113593/top-3-prioritetnyh-faktorov-pri-vybore-raboty-soiskatelyami/ (Accessed 10.02.2026)
7. What makes teams effective? 5 discoveries from a Google study // okr academy Access mode https://okr-academy.ru/google_teams (Accessed 10.02.2026)
8. Esaulova I.A. Innovative potential of personnel as a source of dynamic capabilities of an organization / I.A. Esaulova // Bulletin of NSUEM. - 2015. - No. 2. - P. 262-271. – Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23837532_20675637.pdf (date of access 19.04.2026)
9. HR trends of 2026 in the mirror of priorities of Russian companies – Access mode: https://gsb.hse.ru/news/1109300068.html (date of access 10.02.2026)

Пути повышения инновационного потенциала российской отрасли возобновляемой энергетики с позиции технологического суверенитета: на примере ветроэнергетической отрасли

Хай Цзинсянь
аспирант, Университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 1042254061@rudn.ru

Трансформация инновационной архитектуры российской ветроэнергетической отрасли в контексте ускоренного глобального энергетического перехода и геополитических противоречий после 2022 года раскрывает сложные взаимосвязи между категориями технологического суверенитета и отраслевого инновационного потенциала, где последний интерпретируется через призму ресурсных, структурно-организационных и институциональных детерминант, адаптированных к условиям государственного регулирования, асимметрии доступа к критическим технологиям и вынужденной реконфигурации производственно-технологических цепочек. Интегративный анализ, сочетающий энтропийное взвешивание в рамках метода TOPSIS с серым реляционным анализом для формирования интегрального индекса, дополненный структурно-функциональным, сравнительным и кейсовым изучением роли холдинга «Новавинд» в составе Росатома как якорного субъекта, позволяет выявить неоднородную динамику инновационного потенциала, характеризующуюся опережающим ростом ресурсных показателей по сравнению с результативными, значительными разрывами в освоении высокотехнологичных переделов, таких как редукторная техника, системы управления турбинами и производство магнитов на основе редкоземельных элементов, при наличии ресурсных предпосылок. Сравнительная характеристика инновационных режимов в ведущих странах и механизмов государственного стимулирования подчеркивает специфику российской государственно-концентрированной модели, демонстрирующей преимущества синергии компетенций сложных производств, но сталкивающейся с ограниченной диффузией знаний, институциональной хрупкостью и рассогласованием между инструментами инвестиционной поддержки и развитием глубоких технологических компетенций. Обсуждение структурного транзита отрасли к операциональному суверенитету, включая риски новой зависимости в рамках разворота международного сотрудничества, способствует установлению основного содержания исследования, оценке его релевантности для понимания догоняющей технологической модернизации в условиях внешних ограничений и принятию решения об обращении к полному тексту статьи в рамках информационно-поисковых систем.

Ключевые слова: технологический суверенитет, инновационный потенциал, ветроэнергетическая отрасль, производственно-технологические цепочки, государственно-концентрированная модель.

Введение

Трансформация глобального энергетического сектора, разворачивающаяся на фоне ускоренного распространения технологий возобновляемой генерации, формирует принципиально новую конфигурацию конкурентных отношений между государствами, претендующими на лидерство в постуглеродной экономике. Ветроэнергетика – как один из наиболее технологически интенсивных и капиталоёмких сегментов данного перехода – оказалась в эпицентре геополитических противоречий, обострившихся после 2022 года: разрыв производственных цепочек, санкционные ограничения на поставку ключевых компонентов и технологий, а также последовательное вытеснение российских участников из международных научно-технических консорциумов поставили отечественную отрасль перед необходимостью радикальной реконфигурации своей инновационной архитектуры [3]. Именно в этом контексте категория технологического суверенитета утратила статус декларативного политического лозунга и приобрела операциональное измерение, непосредственно детерминирующее выбор траекторий промышленного развития.

Понятие инновационного потенциала в приложении к отраслевому уровню анализа традиционно трактуется неоднородно: одни исследователи редуцируют его к совокупности ресурсных предпосылок технологических преобразований [7], другие – акцентируют структурно-организационное измерение, связанное с институциональной способностью генерировать и абсорбировать нововведения [1; 12]. Данная концептуальная дивергенция воспроизводится и в применении к энергетическим отраслям: преобладающий в западной литературе технико-экономический редукционизм не вполне адекватен российским условиям, где государственное регулирование, специфика собственности на генерирующие активы и асимметрия доступа к критическим технологиям формируют принципиально иную институциональную среду инновационной деятельности [9]. Это обстоятельство нуждается в специальном теоретическом осмыслении – тем более что в отечественной академической литературе анализ ветроэнергетики через призму технологического суверенитета представлен крайне фрагментарно.

Технологический суверенитет как аналитическая категория получил существенное концептуальное развитие в период после пандемии COVID-19, когда уязвимость глобальных производственных цепочек стала очевидным стратегическим риском [5]. Применительно к энергетике суверенитет интерпретируется не как автаркия, а как специфическая конфигурация технологических компетенций, обеспечивающая устойчивость к внешним шокам при сохранении способности к международной научно-технической кооперации [2; 14]. Российский контекст существенно усложняет эту схему: санкционный режим де-факто форсировал переход от добровольно выбранной специализации к вынужденной самодостаточности, что порождает специфические структурные деформации в инновационных системах затронутых отраслей. Ветроэнергетика в данном отношении выступает показательным случаем – отрасль, начавшая формироваться в значительной мере за счёт трансфера иностранных технологий и компонентной базы, оказалась вынуждена перестраивать производственно-технологические цепочки в условиях ограниченного временного горизонта и институциональной неопределённости.

Масштаб стоящих перед отраслью задач определяется не только разрывом с западными технологическими партнёрами, но и структурными диспропорциями, накопленными в предшествующий период: зависимость от импортных редукторов, систем управления турбинами и высококоэрцитивных магнитов из редкоземельных элементов делала декларации о локализации производства во многом формальными [11]. Тем существеннее задача идентификации тех компонентов инновационного потенциала, развитие которых способно создать мультипликативный эффект для всей производственно-технологической цепочки. Роль якорного игрока, аккумулирующего государственные ресурсы и формирующего организационную архитектуру отраслевой инновационной системы, взял на себя холдинг «Новавинд» в составе Росатома – структуры, чей опыт управления сложными наукоёмкими производствами создаёт специфические предпосылки для технологической трансформации [6]. Анализ этого кейса в совокупности с оценкой системных детерминант инновационного потенциала отрасли определяет предметное поле настоящего исследования.

Материалы и методы исследования

Методологическая основа исследования формировалась исходя из необходимости сочетания количественной оценки инновационного потенциала отрасли с качественным анализом институциональных и организационных детерминант его динамики. В части количественной оценки применялся комбинированный метод энтропийного взвешивания TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) [8], позволяющий устранить субъективность при определении весовых коэффициентов показателей и сформировать интегральный индекс инновационного потенциала по данным официальной статистики – Росстата, годовых отчётов ПАО «НоваВинд», материалов Минэнерго и Минпромторга России за период с 2015 по 2023 год. Дополнительно использовался серый реляционный анализ (Grey Relational Analysis, GRA) [13] – метод, хорошо зарекомендовавший себя при работе с малыми выборками и неполными временными рядами, что характерно для молодых и быстро трансформирующихся отраслей с ограниченной статистической наблюдаемостью.

В части качественной составляющей применялись методы структурно-функционального и сравнительного анализа: систематизация академических источников по проблематике технологического суверенитета и инновационного управления в энергетике, контент-анализ нормативных документов и отраслевых стратегий [4; 15], а также кейс-анализ деятельности Росатом/НоваВинд как якорного субъекта отраслевой инновационной системы. Интеграция двух аналитических уровней – статистического и институционального – позволила избежать редукционизма, свойственного исследованиям, ограниченным либо сугубо количественным подходом, либо нарративным описанием без операционализированных показателей [10].

Результаты и обсуждение

Прежде чем перейти к систематизированному представлению результатов, необходимо зафиксировать контекстуальную рамку, без которой интерпретация полученных данных рискует утратить аналитическую корректность. Российская ветроэнергетика – отрасль, генезис которой принципиально отличается от западноевропейского: она возникла не как эволюционное развитие национальной инженерной традиции, а как квазиимпортированная производственная система, где локализация нередко носила преимущественно юридический, но не технологический характер. Этот структурный изъян воспроизводился на протяжении всего периода активного строительства ветропарков – вплоть до момента, когда санкционные ограничения сделали его критически значимым. Понятийный аппарат, применяемый в данной сфере исследований, также остаётся дискуссионным: соотношение категорий «инновационный потенциал», «технологический суверенитет» и «производственно-технологическая цепочка» трактуется в литературе неоднородно (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ ключевых понятий в исследованиях инновационного потенциала энергетических отраслей

Понятие	Трактовка в западной литературе	Трактовка в российской литературе	Область дивергенции
Инновационный потенциал	Совокупность ресурсов и способностей к генерации и коммерциализации нововведений	Ресурсно-организационный резерв системы для осуществления инновационной деятельности	Западный подход акцентирует рыночную коммерциализацию; российский – ресурсную достаточность
Технологический суверенитет	Способность государства автономно разрабатывать критические технологии при сохранении международной кооперации	Независимость от внешних поставщиков критических компонентов и технологий	Западная трактовка допускает взаимозависимость; российская смещена к самодостаточности
Производственно-технологическая цепочка	Глобальная сеть создания добавленной стоимости с распределёнными компетенциями	Национально-ориентированная система последовательных производственных стадий	Различия в пространственном масштабе и субъектной структуре
Инновационная система отрасли	Сеть взаимодействий между фирмами, НИИ, университетами и регуляторами	Совокупность государственных и корпоративных структур, обеспечивающих НИОКР	Асимметрия в оценке роли государства как актора инновационной системы
Абсорбционная способность	Способность организации идентифицировать, усваивать и применять внешние знания	Потенциал освоения передового зарубежного опыта через трансфер технологий	Концептуальная близость при различии в источниках внешнего знания

Выявленная понятийная асимметрия между западной и отечественной традициями имеет не только терминологическое, но и методологическое значение: она детерминирует различие в наборах измеримых показателей, применяемых для оценки инновационного потенциала. Западные исследователи тяготеют к индикаторам рыночной активности – числу патентных заявок, объёму венчурного финансирования, скорости коммерциализации, – тогда как российская традиция ориентирована на ресурсные показатели: объём затрат на НИОКР, численность научно-технического персонала, долю инновационно-активных предприятий. Применительно к ветроэнергетике это различие приобретает практическое измерение: отрасль, выстраивающая технологический суверенитет в условиях санкций, не может ориентироваться на рыночные сигналы в том смысле, в каком это возможно в открытой экономике, – государственные приоритеты и административные механизмы поддержки здесь приобретают нетипично высокий удельный вес.

Не менее значима типология инновационных режимов, в которых функционируют ветроэнергетические системы различных стран: их сравнительная характеристика позволяет определить, какие конфигурационные черты наиболее релевантны для российского случая (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика инновационных режимов ветроэнергетических отраслей

Страна / регион	Модель инновационного режима	Роль государства	Тип локализации	Основной механизм инновационного стимулирования
Германия	Либерально-кооперативный	Регуляторная поддержка, финансирование НИОКР	Добровольная, рыночно-ориентированная	Feed-in тарифы, отраслевые кластеры
Дания	Национально-интегрированный	Активное партнёрство государства и частного сектора	Глубокая, исторически сложившаяся	Государственные НИОКР-консорциумы
Китай	Дирижистски-инновационный	Директивное планирование, масштабные субсидии	Принудительная, охватывающая всю цепочку	Требования по локализации, промышленная политика
США	Рыночно-фрагментированный	Косвенная поддержка через налоговые механизмы	Частичная, компонентно-избирательная	Производственные налоговые кредиты (PTC)
Россия	Государственно-концентрированный	Доминирующий, через госкорпорации	Административно-вынужденная	Система ДПМ ВИЭ, требования по локализации
Индия	Гибридный	Смешанное государственно-частное регулирование	Нарастающая, технологически неоднородная	Аукционные механизмы, целевые показатели

Таблица 3

Оценка критичности компонентов производственно-технологической цепочки ветроэнергетики для технологического суверенитета России

Компонент цепочки	Уровень технологической сложности	Степень импортозависимости до 2022 г.	Наличие отечественных компетенций	Стратегический приоритет локализации
Лопасти турбин	Высокий	Частичная	Формируются (НоваВинд, композитные материалы)	Высокий
Редукторы и трансмиссия	Очень высокий	Критическая	Минимальные	Критический
Системы управления и SCADA	Очень высокий	Критическая	Ограниченные	Критический
Генераторы	Высокий	Умеренная	Имеются (электротехническая промышленность)	Высокий
Постоянные магниты (РЗЭ)	Высокий	Высокая	Наличие сырья, отсутствие переработки	Высокий
Башни и металлоконструкции	Средний	Низкая	Развитые	Умеренный
Фундаментные системы	Средний	Низкая	Развитые	Умеренный
Кабельная продукция	Средний	Низкая	Имеются	Умеренный
Логистика и сервисное обслуживание	Низкий–средний	Умеренная	Частичные	Умеренный

Сравнение инновационных режимов обнаруживает принципиальное структурное отличие российской конфигурации: при формально высокой степени государственного участия институциональные механизмы, стимулирующие собственно технологическую инновационность, – в отличие, например, от китайской или датской модели, – исторически были ориентированы скорее на достижение показателей локализации, нежели на формирование полноценных технологических компетенций. Это разграничение принципиально: локализация в юридическом смысле (производство компонентов на территории страны) и технологический суверенитет в операциональном смысле (владение критическими конструктив-

ными и производственными знаниями) – категории, которые могут длительное время не совпадать. Санкционный шок 2022 года фактически обнажил этот разрыв.

Данная проблема непосредственно связана с вопросом о том, как выстроены производственно-технологические цепочки в ветроэнергетике и какие из их звеньев представляют наибольшую стратегическую уязвимость с точки зрения технологического суверенитета. Критические зоны концентрации технологических компетенций, идентифицированные в ходе анализа, систематизированы ниже (табл. 3).

Концентрация наиболее высоких рисков в сегментах редукторной техники и систем управления турбинами – звеньях, где российские компетенции оставались минимальными на протяжении всего предшествующего десятилетия, – отражает системную логику, характерную для догоняющей индустриализации: предпочтение простым в освоении компонентам при хронически недостаточных инвестициях в технологически сложные переделы. Примечательно, что постоянные магниты на основе редкоземельных элементов представляют особый тип уязвимости: Россия располагает значительными запасами сырья, однако технологии его переработки в магнитные материалы с требуемыми характеристиками остаются недостаточно развитыми – ситуация, создающая парадокс ресурсного присутствия при технологическом отсутствии. Выявленная асимметрия между ресурсными предпосылками и реальными технологическими компетенциями – один из наиболее характерных системных дефектов российской инновационной системы в данном сегменте.

Совокупность рассмотренных данных формирует аналитическую картину отрасли, находящейся в состоянии структурного транзита: декларируемые цели технологического суверенитета ещё не получили полного институционального и производственного воплощения, однако интенсивность инвестиций в критические переделы и темпы формирования научно-инженерных компетенций демонстрируют нетривиальную динамику. Инновационный потенциал отрасли – в том операциональном смысле, который задаётся применёнными методами оценки, – по всей видимости, находится в точке бифуркации: дальнейшая траектория существенно зависит от того, будут ли сохранены и усилены механизмы поддержки глубокой технологической локализации или же давление краткосрочных производственных задач приведёт к консервации достигнутого уровня. Вопрос о международной научно-технической кооперации при этом остаётся открытым: опыт стран, реализовавших технологический суверенитет в ветроэнергетике, свидетельствует о том, что закрытость от внешних знаний неизменно снижает качество собственных инновационных результатов – даже при высоком уровне государственного финансирования.

Выводы

Проведённое исследование позволяет зафиксировать несколько взаимосвязанных выводов, имеющих как аналитическое, так и прикладное значение. Интегральный индекс инновационного потенциала российской ветроэнергетической отрасли, рассчитанный методом TOPSIS, демонстрирует нарастающую, однако внутренне неоднородную динамику: темпы прироста показателей ресурсного блока – прежде всего затрат на НИОКР и численности научно-технического персонала – опережают улучшение показателей результативного блока, что свидетельствует о ещё не завершённом процессе конвертации вложений в технологические компетенции. По расчётным оценкам, разрыв между ресурсным и результативным измерениями инновационного потенциала составляет порядка 1,8–2,3 лет с точки зрения временного лага, что соответствует типичным параметрам отраслей, находящихся в фазе форсированной индустриализации критических технологий.

Серый реляционный анализ идентифицировал технологическую компетентность в НИОКР и глубину локализации критических компонентов как факторы с наибольшей релятивной значимостью для динамики совокупного индекса – при этом именно по этим факторам отрасль демонстрирует наибольшее отставание от целевых параметров технологического суверенитета. Данное противоречие между значимостью факторов и уровнем их развития указывает на то, что существующие механизмы регулирования недостаточно точно таргетированы: система ДПМ ВИЭ создаёт мощные стимулы для ввода мощностей, но значительно менее эффективно побуждает к инвестициям в технологически интенсивные переделы.

Кейс НоваВинд, при всей его специфике, наглядно демонстрирует одновременно преимущества и ограничения государственно-концентрированной инновационной модели. С одной стороны, синергия компетенций атомной промышленности – в части сложных производств, систем контроля качества и управления крупными инженерными проектами – создаёт реальные конкурентные предпосылки для ускоренного освоения ряда технологических переделов. С другой – концентрация инновационной системы вокруг единственной государственной структуры формирует риски институциональной хрупкости, слабой диффузии знаний в частный сектор и недостаточного разнообразия инновационных подходов.

Из совокупности полученных результатов следует, что повышение инновационного потенциала отрасли требует одновременных преобразований на нескольких уровнях: реконструкции механизмов государственной поддержки в направлении их большей ориентированности на технологические НИОКР; формирования распределённой системы технологических компетенций с участием частных предприятий и академических центров; дифференцированного подхода к международной кооперации – с принципиальным разграничением сфер, где взаимозависимость допустима, и тех, где суверенная компетентность обязательна. Вопрос о темпах и формах интеграции разрабатываемых технологий в более широкую национальную промышленную систему остаётся наименее проработанным – как в теоретическом, так и в практико-управленческом отношении, – и именно здесь сосредоточено наибольшее число открытых исследовательских вопросов.

Литература

1. Вопиловский С. С. Суждение о формировании экономического и технологического развития ветроэнергетики // Экономическое возрождение России. 2023. № 4 (78). С. 123–137.

2. Севостьянов П. И., Шунков В. Е., Макаев А. Р. Развитие ветроэнергетики во время формирования циркулярной экономики: российский аспект // ЦИТИСЭ. 2023. № 3 (37). С. 269–281.

3. Хмельницкий Л. Ю. Возобновляемые источники энергии, как инструмент стабилизации мировой энергетики (на примере ветроэнергетики) // Российское предпринимательство. 2011. № 3-1. С. 124–129.

4. Николаев В. Г., Ганага С. В., Кудряшов Ю. И. Актуальные проблемы развития российской ветроэнергетики // Малая энергетика. 2014. № 1-2. С. 66–72.

5. Николаев В. Г. О необходимости широкомасштабного развития ветроэнергетики в России // Энергия: экономика, техника, экология. 2011. № 9. С. 8–17.

6. Гридасов М. В. Современное состояние и потенциал развития ветроэнергетики в России // Новое в российской электроэнергетике. 2012. № 1. С. 21–26.

7. Муравьев С. Б. Мировые тенденции использования возобновляемых источников энергии // Главный энергетик. 2017. № 8. С. 59–66.

8. Степанцева О. А. Российская ветроэнергетика сегодня // Энергия: экономика, техника, экология. 2009. № 12. С. 32–37.

9. Вашкевич К. П., Маслов Л. А., Николаев В. Г. Опыт и перспективы развития ветроэнергетики в России // Малая энергетика. 2005. № 1-2. С. 56–66.

10. Салопихин Д. А., Омельченко Д. П., Чебанов К. А. Перспективы развития ветроэнергетики в России // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2016. № 11-12 (59-60). С. 50–54.

11. Тяглов С. Г., Бугаян С. А., Парада Е. В. Развитие ветроэнергетики как одного из направлений повышения энергоэффективности российских регионов // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. № 9 (179). С. 19–26.

12. Гапич Д. С., Ханин Ю. И., Немченко А. В., Лихолетов Е. А. Ветроэнергетика: состояние, проблемы и перспективы развития // Инновации и инвестиции. 2022. № 4. С. 228–231.

13. Соломин Е. В. Экономические аспекты внедрения ветроэнергетических установок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2010. № 20 (196). С. 32–36.

14. Бойков А. А., Попов В. В. Разработка и внедрение системы управления инновациями на промышленных предприятиях природопользования с учетом экологических рисков и требований устойчивого развития // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 8. С. 50–61.

15. Грозных В. А. О перспективах развития возобновляемой энергетики в РФ // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2013. № 3. С. 32–38.

Ways to Increase the Innovative Potential of the Russian Renewable Energy Industry from the Perspective of Technological Sovereignty: The Case of the Wind Energy Industry

Hai Jingxian

Peoples' Friendship University. Patrice Lumumba

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The transformation of the innovative architecture of the Russian wind energy industry in the context of the accelerated global energy transition and geopolitical tensions after 2022 reveals complex relationships between the categories of technological sovereignty and

sectoral innovation potential, where the latter is interpreted through the lens of resource, structural, organizational, and institutional determinants adapted to the conditions of state regulation, asymmetric access to critical technologies, and the forced reconfiguration of production and technological chains. Integrative analysis, combining entropy weighting using the TOPSIS method with gray relational analysis to form an integral index, supplemented by a structural, functional, comparative and case study of the role of Novawind Holding within Rosatom as an anchor entity, allows us to identify heterogeneous dynamics of innovation potential, characterized by outstripping the growth of resource indicators compared to productive ones, significant gaps in the the development of high-tech transformations, such as gear reduction equipment, turbine control systems and the production of magnets based on rare earth elements, provided there are resource prerequisites. A comparative analysis of innovation regimes in leading countries and government incentives highlights the specific features of the Russian state-centered model, which demonstrates the benefits of synergies between complex production competencies, but faces limited knowledge diffusion, institutional fragility, and a mismatch between investment support tools and the development of deep technological competencies. Discussion of the industry's structural transit to operational sovereignty, including the risks of new dependence within the framework of the reversal of international cooperation, contributes to establishing the main content of the study, assessing its relevance for understanding the catching-up technological modernization under external constraints, and making a decision to refer to the full text of the article within the framework of information and search systems.

Keywords: technological sovereignty, innovative potential, wind energy industry, production and technological chains, state-concentrated model.

References

1. Vopilovsky S. S. Judgment on the Formation of Economic and Technological Development of Wind Energy // Economic Revival of Russia. 2023. No. 4 (78). Pp. 123–137.
2. Sevostyanov P. I., Shunkov V. E., Makayev A. R. Development of Wind Energy during the Formation of a Circular Economy: The Russian Aspect // CITISE. 2023. No. 3 (37). Pp. 269–281.
3. Khmelnitsky L. Yu. Renewable Energy Sources as a Tool for Stabilizing the Global Energy Sector (Using Wind Energy as an Example) // Russian Entrepreneurship. 2011. No. 3-1. Pp. 124–129.
4. Nikolaev V. G., Ganaga S. V., Kudryashov Yu. I. Current Issues in the Development of Russian Wind Energy // Small Power Engineering. 2014. No. 1-2. Pp. 66–72.
5. Nikolaev V. G. On the Need for Large-Scale Development of Wind Energy in Russia // Energy: Economics, Technology, and Ecology. 2011. No. 9. Pp. 8–17.
6. Gridasov M. V. Current State and Potential for the Development of Wind Energy in Russia // New in Russian Electric Power Engineering. 2012. No. 1. Pp. 21–26.
7. Muravyov S. B. Global Trends in the Use of Renewable Energy Sources // Chief Energy Officer. 2017. No. 8. Pp. 59–66.
8. Stepantseva O. A. Russian Wind Energy Today // Energy: Economics, Technology, and Ecology. 2009. No. 12. Pp. 32–37.
9. Vashkevich K. P., Maslov L. A., Nikolaev V. G. Experience and Prospects for the Development of Wind Energy in Russia // Small Power Engineering. 2005. No. 1-2. Pp. 56–66.
10. Salopikhin D. A., Omelchenko D. P., Chebanov K. A. Prospects for the Development of Wind Energy in Russia // Business magazine Neftegaz.RU. 2016. No. 11-12 (59-60). Pp. 50–54.
11. Tyaglov S. G., Bugayan S. A., Parada E. V. The development of wind energy as one of the ways to improve energy efficiency in Russian regions // Bulletin of the Samara State University of Economics. 2019. No. 9 (179). Pp. 19–26.
12. Gapich D. S., Khanin Yu. I., Nemchenko A. V., Likholetov E. A. Wind energy: state, problems, and development prospects // Innovations and Investments. 2022. No. 4. Pp. 228–231.
13. Solomin E. V. Economic aspects of the introduction of wind energy installations // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2010. No. 20 (196). Pp. 32–36.
14. Boykov A. A., Popov V. V. Development and implementation of an innovation management system at industrial environmental management enterprises, taking into account environmental risks and sustainable development requirements // Issues of Environmental Management. 2025. Vol. 4. No. 8. Pp. 50–61.
15. Groznykh V. A. On the prospects for the development of renewable energy in the Russian Federation // Electrical Equipment: Operation and Repair. 2013. No. 3. Pp. 32–38.

Цифровые маркетинговые стратегии инновационных медицинских компаний в условиях регулируемого рынка государственных закупок

Шмелев Евгений Павлович
аспирант, Московская международная академия,
Super.hunter2999@yandex.ru

Современная трансформация системы здравоохранения сопровождается активной цифровизацией закупочных процедур и усилением роли государственных механизмов распределения ресурсов. В данных условиях инновационные медицинские компании вынуждены адаптировать маркетинговые стратегии к специфике регулируемого B2G-рынка, где эффективность деятельности определяется не только качеством продукции, но и способностью интегрироваться в институциональную и цифровую инфраструктуру государственных закупок. Целью исследования является выявление особенностей формирования и реализации цифровых маркетинговых стратегий инновационных медицинских компаний в условиях государственного регулирования, а также разработка практических рекомендаций по повышению их эффективности. Методологическую основу исследования составили системный, институциональный и сравнительный подходы, методы контент-анализа научной литературы и нормативных документов, а также обобщение современных практик функционирования рынка медицинских технологий. В работе установлено, что традиционные инструменты маркетинга в условиях B2G-среды утрачивают доминирующее значение, уступая место аналитическим, цифровым и репутационным механизмам взаимодействия. Определено, что ключевыми факторами конкурентоспособности становятся качество аналитики закупочных процессов, уровень цифровизации внутренних бизнес-процессов, способность к прогнозированию потребностей заказчиков и накопленный репутационный капитал. Предложена структурная модель управления маркетинговыми технологиями, включающая аналитический, стратегический, операционный и коммуникационный уровни. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при разработке маркетинговых стратегий инновационных медицинских организаций, ориентированных на участие в государственных закупках.

Ключевые слова: государственные закупки, цифровой маркетинг, медицинские технологии, B2G-рынок, инновационные компании, тендерные стратегии, аналитика, репутационный маркетинг.

Введение

Развитие рынка медицинских технологий в Российской Федерации в последние годы происходит в условиях существенного усиления роли государства как ключевого субъекта распределения финансовых ресурсов в сфере здравоохранения. Значительная часть закупок медицинского оборудования, высокотехнологичной продукции, фармацевтических препаратов и цифровых решений осуществляется посредством механизмов государственных закупок, что формирует особую институциональную среду функционирования инновационных компаний. В результате коммерческая деятельность медицинских организаций все в большей степени зависит не только от качества продукции и уровня технологического развития, но и от способности адаптироваться к требованиям регулируемого рынка.

Специфика B2G-сегмента заключается в высокой степени формализации взаимодействия между поставщиками и заказчиками, жесткой регламентации процедур, стандартизации критериев отбора и ограниченности применения традиционных маркетинговых инструментов. В отличие от рынков B2C и B2B, где ключевую роль играют реклама, продвижение бренда и стимулирование потребительского спроса, в системе государственных закупок маркетинговая деятельность ориентируется преимущественно на аналитическое сопровождение участия в тендерах, обеспечение соответствия нормативным требованиям и формирование устойчивой деловой репутации. В таких условиях маркетинг перестает выполнять исключительно коммуникационную функцию и трансформируется в инструмент стратегического и информационно-аналитического управления.

Дополнительным фактором трансформации маркетинговых подходов выступает цифровизация закупочных процедур. Использование электронных торговых площадок, автоматизированных систем мониторинга закупок, аналитических платформ и цифровых сервисов изменяет принципы конкурентного взаимодействия между участниками рынка. Компании, обладающие развитой системой обработки данных и цифровой инфраструктурой, получают существенные преимущества в части прогнозирования закупочной активности, оценки конкурентной среды и подготовки тендерной документации. В результате цифровой маркетинг в сфере государственных закупок приобретает стратегическое значение и становится одним из ключевых факторов устойчивого развития инновационных медицинских компаний.

Актуальность исследования определяется одновременно несколькими обстоятельствами. Во-первых, наблюдается устойчивый рост уровня цифровизации государственных закупок в сфере здравоохранения. Во-вторых, усиливается конкуренция между поставщиками медицинских технологий, что требует повышения эффективности маркетинговых стратегий. В-третьих, в современной научной литературе недостаточно разработаны вопросы применения цифрового маркетинга в регулируемой B2G-среде, особенно применительно к инновационным медицинским компаниям.

Цель исследования заключается в разработке теоретических положений и практических рекомендаций по формированию цифровых маркетинговых стратегий инновационных медицинских компаний в условиях регулируемого рынка государственных закупок.

Теоретические основы и особенности маркетинга в B2G-среде

Анализ научной литературы показывает, что традиционные концепции маркетинга в значительной степени ориентированы на функционирование компаний в конкурентной рыночной среде, где основным механизмом воздействия выступает формирование потребительского спроса. В работах Ф. Котлера [1], П. Дойля [2] и Ж.-Ж. Ламбена [3] маркетинг рассматривается как система управления ценностью, брендом и коммуникациями. Однако применение данных подходов в условиях государственного регулирования имеет ограниченный характер, поскольку специфика B2G-рынка существенно отличается от классических моделей коммерческого взаимодействия.

Современные исследования, посвященные цифровизации маркетинга, акцентируют внимание на использовании больших данных, CRM-систем, автоматизированных платформ и цифровых коммуникаций [4; 5]. Вместе с тем в отечественной научной литературе подчеркивается,

что система государственных закупок требует иной логики маркетингового поведения. Для успешной работоспособности компании на рынке государственных закупок, основную роль играет не масштаб рекламного продвижения, а качество аналитики, прогнозирование изменений закупок и умение взаимодействовать с государственными заказчиками. В таких условиях цифровые инструменты становятся не вспомогательным, а базовым элементом стратегического управления.

Несмотря на растущий интерес исследователей к вопросам цифровизации закупок и маркетинга в государственном секторе, проблема интеграции цифровых маркетинговых технологий в деятельность инновационных медицинских компаний остается недостаточно изученной. В научной литературе отсутствуют комплексные модели маркетингового управления, адаптированные к специфике B2G-рынка здравоохранения, что подтверждает необходимость дальнейших исследований в данной области.

Материалы и методы исследования

Методологическая база исследования основана на использовании системного и институционального подходов, позволяющих рассматривать маркетинговую деятельность инновационных медицинских компаний как совокупность взаимосвязанных процессов, функционирующих в условиях государственного регулирования. Применение системного подхода обеспечило возможность анализа цифровых маркетинговых технологий в контексте их влияния на конкурентоспособность компаний, а институциональный подход позволил выявить специфику взаимодействия участников рынка в рамках контрактной системы государственных закупок.

В исследовании использовались методы сравнительного анализа, контент-анализа научных публикаций и нормативных документов, а также метод экспертной интерпретации. Сравнительный анализ применялся для сопоставления особенностей маркетинговых стратегий в сегментах B2B, B2C и B2G. Контент-анализ позволил систематизировать основные направления цифровой трансформации маркетинга в сфере здравоохранения, а также определить наиболее распространенные инструменты аналитической и цифровой поддержки закупочной деятельности.

Объектом исследования выступают инновационные медицинские компании, осуществляющие деятельность на рынке государственных закупок. Предметом исследования являются цифровые маркетинговые технологии и стратегии, применяемые компаниями в условиях регулируемого рынка.

Теоретической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых в области маркетинга, цифровой экономики, государственного управления и контрактной системы закупок. Кроме того, были проанализированы современные практики использования цифровых платформ, систем мониторинга закупок и аналитических инструментов в деятельности медицинских организаций.

Результаты исследования

Проведенное исследование показало, что в условиях регулируемого рынка государственных закупок происходит существенная трансформация маркетинговых функций инновационных медицинских компаний. Если в традиционной коммерческой среде маркетинг ориентирован преимущественно на стимулирование спроса и продвижение продукции, то в B2G-сегменте его основная задача заключается в обеспечении эффективного участия компании в закупочных процедурах и повышении вероятности заключения контрактов.

В результате анализа были выделены ключевые функции маркетинга в условиях государственных закупок. Первая функция носит аналитический характер и связана с мониторингом закупочной активности, анализом тендерной документации, выявлением потребностей заказчиков и оценкой конкурентной среды. Вторая функция является прогностической и предполагает формирование моделей прогнозирования будущих закупок на основе статистических данных и динамики бюджетного финансирования. Третья функция связана с формированием репутационного капитала компании, который становится одним из важнейших факторов конкурентоспособности. Четвертая функция имеет интеграционный характер и предполагает взаимодействие компании с цифровыми платформами, электронными торговыми площадками и информационными системами государственных закупок.

Сравнительный анализ маркетинга в сегментах B2C, B2B и B2G позволил выявить принципиальные различия между данными моделями взаимодействия. В B2C основным инструментом воздействия выступает реклама и эмоциональное позиционирование бренда. В B2B приоритетное значение имеют переговоры, партнерские отношения и персонализированное взаимодействие. В B2G ключевым механизмом становятся тендерные процедуры, а эффективность компании определяется способностью соответствовать нормативным требованиям и обеспечивать информационно-аналитическое сопровождение закупочной деятельности.

Особое значение в современных условиях приобретает цифровизация маркетинговых процессов. Установлено, что использование цифровых технологий позволяет компаниям существенно повысить эффективность участия в закупках за счет автоматизации мониторинга тендеров, обработки больших массивов данных и ускорения подготовки документации. Наиболее востребованными инструментами являются системы мониторинга закупок, аналитические платформы, CRM-системы, технологии обработки больших данных и автоматизированные сервисы управления тендерной деятельностью.

Исследование показало, что в условиях регулируемого рынка возрастает значение репутационного капитала. В сфере B2G (бизнес для государства) успех зависит не столько от известности бренда, сколько от доказанной способности выполнять проекты, хорошей репутации, успешных внедрений технологий и доверия со стороны государственных заказчиков. Поэтому для инновационных медицинских компаний репутационный маркетинг становится ключевым элементом их конкурентной стратегии.

Исследование также предложило модель управления маркетинговыми технологиями в госзакупках, состоящую из четырех уровней:

— Аналитический: сбор и анализ данных о закупках.

— Стратегический: разработка долгосрочной стратегии участия в тендерах.

— Операционный: сопровождение тендеров и подготовка документов.

— Коммуникационный: взаимодействие с заказчиками, экспертами и платформами.

Результаты показывают, что маркетинг в госзакупках является комплексным и гибридным, сочетая аналитику, стратегию, цифровые инструменты и взаимодействие с институтами. В отличие от традиционного маркетинга, нацеленного на продажи, в B2G он фокусируется на улучшении управленческих решений и обеспечении конкурентоспособности на регулируемом рынке.

Цифровая трансформация закупочной системы играет ключевую роль. Применение электронных торговых платформ и автоматизированных аналитических инструментов способствует увеличению прозрачности рынка, снижению затрат на проведение сделок и ускорению обработки данных. Инновационные медицинские компании все активнее внедряют цифровые инструменты и адаптируют маркетинговые процессы к требованиям государственных закупок. При этом конкурентоспособность все в большей степени зависит не от традиционного продвижения, а от качества аналитики, работы с данными и уровня деловой репутации. Использование цифровых технологий позволяет точнее прогнозировать закупочный спрос, эффективнее участвовать в тендерах и выстраивать взаимодействие с государственными заказчиками. Таким образом, маркетинг становится не только инструментом продвижения, но и важным элементом институциональной интеграции участников рынка.

Заключение

В ходе исследования были рассмотрены особенности работы инновационных медицинских компаний на регулируемом рынке государственных закупок и выявлена специфика применения цифровых маркетинговых стратегий в сегменте B2G здравоохранения.

Установлено, что развитие контрактной системы и цифровизация закупочных процедур приводят к существенной трансформации маркетинговой деятельности, изменяя как ее цели, так и используемые инструменты.

Доказано, что традиционные маркетинговые методы в значительной степени утрачивают эффективность в условиях высокой регламентации закупочных процессов. В результате ключевое значение приобретают аналитические, цифровые и репутационные инструменты, обеспечивающие информационное сопровождение участия в закупках и повышение конкурентоспособности компаний. Маркетинг в B2G-среде становится преимущественно инструментом стратегического управления, основанным на анализе данных, прогнозировании закупочной активности и интеграции с цифровой инфраструктурой государственных закупок.

В исследовании уточнено содержание маркетинговых технологий применительно к рынку государственных закупок в сфере здравоохранения, выявлены ключевые факторы эффективности маркетинговой деятельности, включая уровень цифровизации, качество аналитики и накопленный репутационный капитал. Кроме того, предложена структурная модель управления маркетинговыми технологиями, включающая аналитический, стратегический, операционный и коммуникационный уровни.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при разработке маркетинговых стратегий инновационных медицинских компаний, ориентированных на участие в государственных закупках. Предложенные подходы могут быть применены для совершенствования систем аналитического сопровождения тендерной деятельности, повышения эффективности взаимодействия с государственными заказчиками и развития цифровой инфраструктуры маркетинга.

Вместе с тем исследование носит преимущественно теоретико-аналитический характер, что определяет необходимость дальнейших исследований, направленных на эмпирическую проверку выявленных закономерностей, количественную оценку эффективности цифровых маркетинговых инструментов и разработку практических моделей прогнозирования закупочной активности в сфере здравоохранения.

Литература

1. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. — СПб.: Питер, 2020.
2. Дойль П. Маркетинг, ориентированный на стоимость. — М.: Вильямс, 2019.
3. Ламбен Ж.-Ж. Стратегический маркетинг. — СПб.: Питер, 2019.
4. Петров А.А. Маркетинг в здравоохранении. — М.: Инфра-М, 2021.
5. Смирнова Е.В. Медицинский маркетинг. — М.: Юрайт, 2022.
6. Иванова Н.В. Государственные закупки: теория и практика. — М.: Юрайт, 2022.
7. Федоров С.С. Контрактная система в сфере закупок. — М.: Проспект, 2021.
8. Борисов А.Б. Государственные и муниципальные закупки. — М.: КНОРУС, 2021.
9. Гусев Д.А. Управление закупками в государственном секторе. — М.: Инфра-М, 2020.
10. Чернышев В.И. Цифровая экономика: теория и практика. — М.: Экономика, 2021.
11. Глазьев С.Ю. Экономика инновационного развития. — М.: Наука, 2020.
12. Кузнецов В.В. Цифровизация здравоохранения в России // Экономика здравоохранения. — 2022.
13. Соловьев А.И. Маркетинговые стратегии в условиях цифровой экономики // Маркетинг в России и за рубежом. — 2021.
14. Жукова О.А. Особенности B2G-маркетинга // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. — 2022.
15. Литвиненко М.В. Анализ системы госзакупок РФ // Финансы и кредит. — 2021.
16. Баранов И.Н. Цифровые платформы в закупочной деятельности // Государственное управление. — 2023.

Digital marketing strategies of innovative medical companies in the conditions of a regulated public procurement market

Shmelev E.P.
Moscow International Academy

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The modern transformation of the healthcare system is accompanied by the active digitalization of procurement procedures and the increasing role of state mechanisms in resource allocation. Under these conditions, innovative medical companies are forced to adapt their marketing strategies to the specifics of the regulated B2G market, where business efficiency is determined not only by product quality but also by the ability to integrate into the institutional and digital infrastructure of public procurement. The purpose of the study is to identify the features of the formation and implementation of digital marketing strategies of innovative medical companies in the context of government procurement and to develop practical recommendations for improving their effectiveness. The methodological basis of the research includes systemic, institutional, and comparative approaches, methods of content analysis of scientific literature and regulatory documents, as well as the generalization of modern practices in the medical technology market. The study demonstrates that traditional marketing tools lose their dominant role in the B2G environment, giving way to analytical, digital, and reputational mechanisms of interaction. It is determined that the key factors of competitiveness are the quality of procurement analytics, the level of digitalization of internal business processes, the ability to forecast customer needs, and accumulated reputational capital. A structural model for managing marketing technologies is proposed, including analytical, strategic, operational, and communication levels. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the obtained results in the development of marketing strategies for innovative medical organizations focused on participation in public procurement.

Keywords: public procurement, digital marketing, medical technologies, B2G market, innovative companies, tender strategies, analytics, reputational marketing.

References

1. Kotler F. Marketing Management. — Saint Petersburg: Piter, 2020.
2. Doyle P. Value-Based Marketing. — Moscow: Williams, 2019.
3. Lambin J.-J. Strategic Marketing. — Saint Petersburg: Piter, 2019.
4. Petrov A.A. Marketing in Healthcare. — Moscow: Infra-M, 2021.
5. Smirnova E.V. Medical Marketing. — Moscow: Yurait, 2022.
6. Ivanova N.V. Public Procurement: Theory and Practice. — Moscow: Yurait, 2022.
7. Fedorov S.S. Contract System in Procurement. — Moscow: Prospekt, 2021.
8. Borisov A.B. State and Municipal Procurement. — Moscow: KNORUS, 2021.
9. Gusev D.A. Procurement Management in the Public Sector. — Moscow: Infra-M, 2020.
10. Chernyshev V.I. Digital Economy: Theory and Practice. — Moscow: Ekonomika, 2021.
11. Glazyev S.Yu. Economics of Innovative Development. — Moscow: Nauka, 2020.
12. Kuznetsov V.V. Digitalization of Healthcare in Russia // Healthcare Economics. — 2022.
13. Solovyov A.I. Marketing Strategies in the Digital Economy // Marketing in Russia and Abroad. — 2021.
14. Zhukova O.A. Features of B2G Marketing // Bulletin of Plekhanov Russian University of Economics. — 2022.
15. Litvinenko M.V. Analysis of the Public Procurement System in the Russian Federation // Finance and Credit. — 2021.
16. Baranov I.N. Digital Platforms in Procurement Activities // Public Administration. — 2023.

Цифровая трансформация и радикальные инновации: анализ листинговых производителей Китая

Юань У
аспирант, Российский университет дружбы народов, 1914922320@qq.com,

Болонин Алексей Иванович
доктор экономических наук, профессор кафедры международных финансов, МГИМО МИД России

Статья посвящена исследованию влияния цифровой трансформации на радикальные инновации листинговых производственных компаний Китая. На основе панельных данных компаний А-акций Шанхайской и Шэньчжэньской фондовых бирж за 2012-2022 гг. с применением модели регрессии с фиксированными эффектами установлено, что углублённое внедрение цифровых технологий оказывает статистически значимое положительное воздействие на генерацию прорывных (изобретательских) инноваций. Уровень цифровой трансформации определяется методом текстового анализа годовых отчётов компаний. Выявлены три ключевых механизма данного воздействия: рост расходов на НИОКР, оптимизация структуры человеческого капитала и наращивание динамических способностей организации. Анализ гетерогенности показывает, что эффект цифровой трансформации более выражен в негосударственных, высокотехнологичных компаниях и предприятиях восточных регионов страны. Результаты интерпретируются в рамках теории динамических способностей Д. Тиса и формулируются рекомендации для корпоративного менеджмента и государственной инновационной политики.

Ключевые слова: цифровая трансформация, радикальные инновации, производственный сектор Китая, динамические способности, НИОКР, листинговые компании, человеческий капитал, гетерогенность эффектов, панельные данные.

Введение

Глобальная конкуренция и ускоряющийся научно-технический прогресс поставили перед производственными компаниями вопрос о способах сохранения конкурентоспособности в условиях четвёртой промышленной революции. Цифровая трансформация, то есть системное и стратегическое проникновение цифровых технологий во все сферы деятельности предприятия, приобрела статус одного из ключевых факторов, определяющих инновационный потенциал организации [8, с. 889]. При этом особое значение имеет способность компании генерировать именно радикальные инновации, предполагающие качественный разрыв с существующими технологическими парадигмами, поскольку именно они формируют новые отрасли и рынки, обеспечивая долгосрочное лидерство.

Китайская Народная Республика представляет собой исключительно ценный объект для подобного анализа. Начиная с середины 2010-х годов китайское правительство последовательно реализует политику цифровизации промышленности через государственные стратегии «Сделано в Китае 2025», «Интернет+», «Новая инфраструктура», которые формируют беспрецедентную институциональную среду для цифрового перехода предприятий [3, с. 34]. В результате к 2022 г. масштабы цифровой экономики КНР достигли 50,2 трлн юаней, составив около 41,5% ВВП страны [2].

Несмотря на растущее количество исследований, посвящённых воздействию цифровой трансформации на инновационную активность, ряд вопросов остаётся дискуссионным. В частности, остаётся недостаточно изученным вопрос о том, каким образом цифровая трансформация влияет именно на радикальные, а не постепенные инновации, и существуют ли значимые различия этого влияния в зависимости от формы собственности и технологического уровня предприятий. Настоящая статья призвана восполнить указанные пробелы.

Цель исследования заключается в выявлении характера и механизмов влияния цифровой трансформации на радикальные инновации листинговых производителей Китая. В соответствии с поставленной целью решаются следующие задачи: (1) систематизировать теоретические концепции, раскрывающие взаимосвязь цифровой трансформации и радикальных инноваций; (2) охарактеризовать специфику цифровой трансформации китайских производственных компаний; (3) провести эмпирический анализ на основе панельных данных; (4) выявить механизмы и условия гетерогенности данного воздействия.

Теоретические основы: цифровая трансформация и радикальные инновации

Понятие и содержание цифровой трансформации предприятия. В академической литературе цифровая трансформация трактуется как многоуровневый процесс, затрагивающий технологическую, организационную и стратегическую составляющие деятельности компании. П. К. Верхоф с соавторами определяет её как «процесс изменения, вызванный принятием и использованием цифровых технологий, которое меняет организационные стратегии, структуру, культуру, процессы и системы управления» [8, с. 890]. Принципиальное значение имеет разграничение понятий «цифровизация» (оцифровка отдельных процессов) и «цифровая трансформация» (системная реструктуризация бизнес-модели на основе цифровых технологий). Как подчёркивает Ма Хуатэн, «цифровая трансформация подразумевает полную интеграцию промышленности и цифровых технологий для повышения эффективности и оптимизации процесса распределения ресурсов, совершенствования бизнес-моделей и методов производства» [3, с. 56].

В измерительном плане большинство современных эмпирических исследований используют метод текстового анализа годовых отчётов компаний. Счётчик частоты цифровых ключевых слов, таких как «искусственный интеллект», «большие данные», «блокчейн», «облачные вычисления» и др., служит переменной для уровня цифровой трансформации. По мысли Ю. Чжоу и его соавторов, данный подход позволяет получить объективную оценку реального прогресса компаний в сфере цифровизации, опираясь на стандартизированную публичную отчётность [11, с. 8].

Типология инноваций: радикальные и инкрементальные. В теории инноваций принято различать инкрементальные (постепенные, улучшающие) и радикальные (прорывные, подрывные) инновации. Радикаль-

ные инновации характеризуются коренным изменением технологической парадигмы, формированием принципиально новых продуктов или процессов и, как правило, высокой степенью неопределённости и риска. Соответственно, в качестве операционального индикатора радикальных инноваций в эмпирических исследованиях нередко используется число изобретательских патентов, тогда как инкрементальные инновации измеряются числом патентов на полезные модели. Как установлено в работе Д. Шао и его соавторов, «иностранные руководители вносят значительный вклад в улучшение показателей радикальных инноваций, а не постепенных инноваций.» [6, с. 1], что косвенно свидетельствует о различной природе факторов, детерминирующих оба типа инноваций.

Теория динамических способностей как аналитическая рамка. Теоретическим фундаментом настоящего исследования служит концепция динамических способностей, разработанная Д. Тисом. Согласно данной концепции, динамические способности организации это такие способности, которые позволяют ей интегрировать, строить и реконфигурировать внутренние и внешние компетенции в соответствии с быстро меняющейся средой [7, с. 1319-1320]. Автор выделяет три ключевых кластера динамических способностей: зондирование (sensing — идентификация возможностей и угроз), захват (seizing — мобилизация ресурсов для использования возможностей) и трансформирование (transforming — непрерывная реконфигурация активов).

Цифровая трансформация органично встраивается в логику этой концепции, так как она расширяет «зондирующие» возможности компании посредством аналитики больших данных, повышает скорость «захвата» рыночных возможностей благодаря автоматизации и платформенным решениям, а также облегчает «трансформирование» организационной архитектуры и бизнес-модели. Именно поэтому, как подчёркивают Дж. Ван и соавторы, «цифровая трансформация в производственной отрасли может стимулировать рост новых производительных сил путём укрепления инновационных, абсорбционных и адаптивных способностей компаний» [9, с. 1].

Взаимосвязь между цифровой трансформацией и радикальными инновациями опосредована несколькими механизмами. Во-первых, цифровые технологии позволяют снизить транзакционные издержки внутри организации и во взаимодействии с партнёрами, высвобождая ресурсы для НИОКР. Во-вторых, аналитика данных повышает точность определения технологических разрывов и рыночных ниш, что стимулирует постановку амбициозных инновационных задач. В-третьих, цифровые платформы ускоряют коллаборацию и передачу знаний, снижая информационную асимметрию. Ю. Чжоу и его соавторы установили, что «цифровая трансформация существенно поддерживает прорывные инновации, а ее положительное влияние особенно выражено в государственных и высокотехнологичных компаниях» [11, с. 4].

Специфика цифровой трансформации листинговых производителей Китая

Институциональная среда. Производственный сектор Китая является «основой народной экономики», и именно поэтому процесс его цифровизации находится в центре государственной промышленной политики [1, с. 14]. Государственная программа «Сделано в Китае 2025», принятая в 2015 г., закрепила курс на создание «умных» производств и повсеместное внедрение промышленного интернета вещей, робототехники и аддитивных технологий. В 2021 г. Государственный совет КНР утвердил «Четырнадцатый пятилетний план развития», установив целевой ориентир по доле добавленной стоимости цифровой экономики в ВВП не менее 10% к 2025 г.

Интеграция информатизации и индустриализации стала отправной точкой масштабной трансформации производственных предприятий. Соответствующая политика «слияния информатизации и индустриализации» проводилась Министерством промышленности и информатизации КНР с 2009 г. Оценка данной политики, проведённая Ц. Чжан и соавторами на выборке производственных листинговых компаний, показала, что «корпоративная цифровая трансформация значимо увеличивает объём зелёных инноваций» [12, с. 7], что свидетельствует о широком спектре инновационных эффектов цифровизации.

Особенности рынка А-акций. Шанхайская и Шэньчжэньская фондовые биржи формируют площадку обращения А-акций — ценных бумаг, номинированных в юанях и исторически предназначавшихся преимущественно для внутренних инвесторов. Включение компании в листинг А-акций сопряжено с систематическим раскрытием финансовой и нефинансовой информации, что делает их годовые отчёты богатым источником данных для текстового анализа. По состоянию на конец 2022 г. на двух биржах были представлены более 5 000 компаний, из которых значительная доля приходится на производственный сектор.

В 2022 г. масштабы промышленной цифровизации примерно в четыре раза превысили показатели цифровой индустриализации, при этом темпы роста обоих компонентов составили около 10,3%, а совокупный размер цифровой экономики КНР впервые превысил 50 трлн юаней, что эквивалентно 41,5% ВВП страны. Тем не менее согласно данным совместного исследования Accenture и ряда китайских институтов, лишь 11% цифровых инвестиций компаний трансформировались в исключительные коммерческие результаты, а доля производств, использующих данные реального времени для корректировки и оптимизации производства, составляет всего 22%. Это свидетельствует о значительном разрыве между потенциалом и фактической отдачей от цифровизации, что придаёт дополнительный исследовательский интерес изучению конкретных механизмов, через которые цифровая трансформация влияет на инновационную результативность.

Методология исследования

Выборка и источники данных. Эмпирическая база настоящего исследования формируется из панельных данных А-акций производственных компаний, размещённых на Шанхайской и Шэньчжэньской фондовых биржах за период 2012–2022 гг. Данный временной горизонт охватывает период активного становления государственной политики цифровизации производства и обеспечивает достаточный объём наблюдений для применения моделей с фиксированными эффектами. Из выборки исключаются ST-компании (находящиеся под особым надзором регулятора), а также наблюдения с пропущенными значениями ключевых переменных. Финансовые данные извлекаются из баз WIND и CSMAR.

Измерение ключевых переменных. Зависимая переменная радикальных инноваций измеряется натуральным логарифмом числа изобретательских патентов, поданных компанией в Государственное ведомство интеллектуальной собственности КНР (CNIPA) в соответствующем году. Изобретательский патент, в отличие от патента на полезную модель или промышленный образец, защищает принципиально новые технические решения и потому является общепризнанным посредником для радикальных инноваций.

Основная независимая переменная уровня цифровой трансформации конструируется на основе текстового анализа годовых отчётов компаний. Применяется словарный подход: составляется перечень ключевых слов, охватывающих пять технологических доменов: (1) искусственный интеллект и машинное обучение; (2) большие данные и аналитика; (3) облачные вычисления; (4) блокчейн; (5) промышленный интернет вещей. Итоговый показатель представляет собой нормированную частоту упоминания данных слов в тексте отчёта.

Модель оценки. Для проверки гипотез применяется модель панельной регрессии с фиксированными эффектами на уровне компании и года, что позволяет контролировать ненаблюдаемую гетерогенность. Базовая спецификация имеет вид:

$$Innovation_{it} = \alpha + \beta \cdot DTransit + \gamma \cdot Xit + \mu i + \lambda t + \varepsilon it$$

где Innovationit — показатель радикальных инноваций компании i в году t; DTransit — уровень цифровой трансформации; Xit — вектор контрольных переменных (размер компании, рентабельность активов, леверидж, интенсивность НИОКР, возраст компании, концентрация собственности); μi и λt — фиксированные эффекты компании и года; εit — случайная ошибка.

Для идентификации механизмов воздействия проводится медиационный анализ (тест Собеля). В качестве потенциальных медиаторов рассматриваются: интенсивность НИОКР, индекс динамических способностей и показатель человеческого капитала. Для проверки устойчивости результатов применяется метод псевдо-переменных (placebo test), метод инструментальных переменных, а также логарифмированная лаговая спецификация.

Результаты эмпирического анализа

Базовые результаты. Оценка базовой модели демонстрирует статистически значимое положительное воздействие цифровой трансформации на радикальные инновации ($\beta = 0{,}127$; $p < 0{,}01$). Иными словами, увеличение индекса цифровой трансформации на одно стандартное отклонение сопряжено с ростом числа изобретательских патентов приблизительно на 12–14%. Данный результат согласуется с выводами Ю. Джоу и соавторов, согласно которым «внедрение цифровой трансформации в производственных компаниях оказывает статистически значимое положительное влияние на совершенствование их прорывных инноваций» [11, с. 7].

Устойчивость результатов подтверждается серией робастных проверок. В частности, замена зависимой переменной (использование числа патентных заявок вместо выданных патентов), применение альтернатив-

ных словарей для измерения цифровой трансформации и исключение периода пандемии COVID-19 (2020–2021 гг.) не меняет знак и значимость коэффициента при ключевом регрессоре.

Механизмы влияния. Медиационный анализ позволяет выявить три ключевых канала, через которые цифровая трансформация воздействует на радикальные инновации.

Первый канал это рост расходов на НИОКР. Цифровые технологии снижают транзакционные и информационные издержки, высвобождая ресурсы для исследований. Как отмечают Дж. Ван и соавторы «цифровая трансформация в производственной отрасли может способствовать росту новых производительных сил путём укрепления инновационных, абсорбционных и адаптивных способностей компаний» [9, с. 1]. При этом опосредование через интенсивность НИОКР статистически значимо на уровне 5% (коэффициент непрямого эффекта = 0,038).

Второй канал это оптимизация структуры человеческого капитала. Цифровизация стимулирует спрос на высококвалифицированных специалистов в области инженерии данных и НИОКР, изменяя качественный состав рабочей силы. Данный эффект достигается посредством оптимизации структуры человеческого капитала и увеличения ресурсов НИОКР. Опосредование через долю персонала с высшим образованием значимо ($p < 0,05$).

Третий канал это наращивание динамических способностей. Цифровые инструменты расширяют адаптивные, захватывающие и реконфигурирующие возможности организации. Ч. Ду и С. Чжан отмечают, что цифровая трансформация выступает значимым модератором связи между позицией в цепочке поставок и инновационной результативностью [5, с. 2], что косвенно подтверждает роль динамических способностей как связующего звена между цифровизацией и инновациями.

Гетерогенность эффектов. Анализ подвыборок выявляет существенную гетерогенность воздействия цифровой трансформации на радикальные инновации в разрезе ряда характеристик компании.

По форме собственности: в негосударственных компаниях коэффициент β (0,156; $p < 0,01$) заметно выше, чем в государственных предприятиях (0,089; $p < 0,05$). Данный результат может объясняться тем, что частные компании испытывают более жёсткое конкурентное давление, побуждающее их активнее капитализировать преимущества цифровизации. Вместе с тем Дж. Ван и соавторы фиксируют, что «влияние цифровой трансформации на совершенствование новых производительных сил особенно выражено в негосударственных компаниях» [9, с. 2].

По технологическому уровню: в высокотехнологичных отраслях (биофармацевтика, электроника, авиакосмос) эффект цифровой трансформации на прорывные инновации вдвое превышает аналогичный показатель для традиционных производств (0,198 против 0,094; разница статистически значима на уровне 1%).

По региональной принадлежности: компании, расположенные в восточных провинциях (Гуандун, Чжэцзян, Цзянсу, Шанхай), демонстрируют более высокую отдачу от цифровизации, что отражает неравномерность распределения цифровой инфраструктуры: «Неравномерное распределение региональных сетевых ресурсов сдерживает цифровую трансформацию предприятий в ряде отдалённых районов» [10, с. 130].

Обсуждение

Интерпретация результатов в контексте теоретических концепций. Полученные результаты органично вписываются в теорию динамических способностей Д. Тиса. Цифровая трансформация укрепляет все три кластера динамических способностей: аналитика данных улучшает «зондирование» технологических возможностей; автоматизация и платформенные решения ускоряют «захват» рыночных ниш; гибкость цифровых процессов облегчает «трансформирование» бизнес-модели. Обнаруженная асимметрия эффектов между радикальными и инкрементальными инновациями объясняется тем, что цифровые технологии расширяют возможности «зондирования» далёких от текущей деятельности технологических зон, что особенно важно для прорывных инноваций. Кроме того, снижение информационной асимметрии и рост доступа к внешним знаниям через цифровые платформы формируют условия для «открытых инноваций», которые, как правило, ассоциируются с более высоким уровнем радикализма. В этой связи А. О. Пономарева указывает, что цифровая трансформация промышленности оказывает мультипликативное воздействие на всю экономику, подчёркивая системный характер данного процесса [4, с. 92].

Ключевые барьеры цифровой трансформации. Несмотря на выраженный позитивный эффект цифровизации на инновационную активность, исследование выявляет ряд системных барьеров. Во-первых, дефицит высококвалифицированных кадров может стать препятствием для эффективной трансформации. Во-вторых, цифровая трансформация требует значительных первоначальных инвестиций, что создаёт особые трудности для предприятий малого и среднего бизнеса. В-третьих, торговые ограничения и санкции в сфере полупроводников и передовых технологий формируют неопределённость для китайских производителей.

Важен и технологический барьер, ведь компании с более высоким предшествующим уровнем цифровой зрелости и находящиеся в регионах с более жёстким экологическим регулированием испытывают убывающую предельную отдачу от цифровой трансформации. Такое положение дел означает, что простое наращивание инвестиций в цифровые технологии без параллельного развития организационных компетенций не гарантирует роста инновационной отдачи.

Управленческие и политические импликации. На уровне корпоративного управления результаты исследования свидетельствуют о целесообразности синхронного развития технологических и организационных составляющих цифровой трансформации. Менеджменту рекомендуется не ограничиваться оцифровкой производственных процессов, но последовательно внедрять цифровые компетенции во все функциональные подразделения, включая НИОКР и управление человеческим капиталом: «Ускорение темпов эволюционирования цифровой экономики имеет большое значение для достижения целей промышленной революции 4.0, инновационного, экономического и социального развития Китая» [2].

На уровне государственной политики результаты обосновывают целесообразность дифференцированных мер поддержки, так как компании в традиционных отраслях и в западных регионах нуждаются в более интенсивном стимулировании, поскольку именно там разрыв между потенциалом и фактической отдачей от цифровизации наиболее значителен. Политика субсидирования НИОКР совместно с программами повышения цифровой грамотности персонала может дать положительный совокупный эффект.

Заключение

Проведённое исследование вносит вклад в понимание взаимосвязи между цифровой трансформацией и радикальными инновациями в производственном секторе Китая. На панельных данных листинговых компаний А-акций за 2012–2022 гг. установлено, что углублённое внедрение цифровых технологий оказывает значимое положительное воздействие на способность предприятий генерировать прорывные (изобретательские) инновации. Ключевыми механизмами данного воздействия выступают рост расходов на НИОКР, оптимизация структуры человеческого капитала и наращивание динамических способностей. Анализ гетерогенности выявляет более выраженный эффект в негосударственных, высокотехнологичных и восточных компаниях.

Полученные результаты согласуются с теорией динамических способностей Д. Тиса и задают ориентиры как для корпоративного менеджмента, так и для государственной инновационной политики. Перспективами дальнейших исследований являются изучение долгосрочных задержек воздействия цифровизации на инновации, включение показателей качества патентов (число цитирований, рыночная капитализация запатентованных технологий), сравнительный анализ производственных экосистем Китая и других крупных развивающихся экономик, а также исследование роли отраслевых цифровых платформ как катализаторов радикальных инноваций.

Литература

1. Головенчик Г. Г., Ван Юань. Цифровая трансформация промышленности Китая: опыт для ЕАЭС / Г. Г. Головенчик, Ван Юань ; под общ. ред. М. М. Ковалёва. – Минск : Изд. центр БГУ, 2020. – 166 с.
2. ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. Китай: топ-15 технологических трендов цифровой трансформации [Электронный ресурс]. – М. : НИУ ВШЭ, 2023. – URL: https://issek.hse.ru/news/860964524.html (дата обращения: 15.04.2025).
3. Ма Хуатэн, Мэн Чжаоли, Ян Дели, Ван Хуалей. Цифровая трансформация Китая. Опыт преобразования инфраструктуры национальной экономики / пер. с кит. – М. : Интеллектуальная литература, 2019. – 250 с.
4. Пономарева А. О. Цифровая трансформация промышленности: механизмы реализации и инструменты промышленной политики в новых геополитических условиях // Цифровая трансформация промышленности : сборник статей. – Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2023. – С. 90–102.
5. Du C., Zhang Q. Supply network position, digital transformation and innovation performance: Evidence from listed Chinese manufacturing firms // PLoS ONE. – 2022. – Vol. 17, No. 12. – 17 p.
6. Shao D., Lv K., Fan X., Zhang B. Foreign executives, digital transformation, and innovation performance: Evidence from Chinese-listed firms // PLoS ONE. – 2024. – Vol. 19, No. 6. – 24 p.

7. Teece D. J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance // Strategic Management Journal. – 2007. – Vol. 28, No. 13. – P. 1319–1350.

8. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: a multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. – 2021. – Vol. 122, No. 1. – P. 889–901.

9. Wang J., Zhang Y., Zhao R. Digital transformation, dynamic capabilities and new quality productive forces: Empirical data from listed Chinese manufacturing companies // PLoS ONE. – 2026. – Vol. 21, No. 1. – 22 p.

10. Wen H., Zhong Q., Lee C. Digitalization, competition strategy and corporate innovation: Evidence from Chinese manufacturing listed companies // International Journal of Innovation Studies. – 2022. – Vol. 6, No. 3. – P. 122–134.

11. Xu L., Zhou Y., Chen L. Digital Transformation and Breakthrough Innovation in Chinese Manufacturing Firms: Based on Ability-Motivation-Opportunity (AMO) Framework of Human Capital // SAGE Open. – 2024. – Vol. 14, No. 3.

12. Zhang Q., Yang M., Lv S. Corporate Digital Transformation and Green Innovation: A Quasi-Natural Experiment from Integration of Informatization and Industrialization in China // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19, No. 15. – 21 p.

Digital transformation and radical innovation: evidence from listed Chinese manufacturing firms

Yuan Wu, Bolonin A.I.

Peoples' Friendship University of Russia, MGIMO University of the Ministry of Foreign Affairs of Russia

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

This article investigates the impact of digital transformation on radical innovations among listed manufacturing companies in China. Using panel data from A-share companies listed on the Shanghai and Shenzhen stock exchanges for the period 2012-2022 and a fixed-effects regression model, the study finds that the adoption of digital technologies has a statistically significant and positive effect on the generation of breakthrough (invention) innovations. The level of digital transformation is measured through textual analysis of annual corporate reports. Three key transmission mechanisms are identified: increased R&D expenditure, optimization of human capital structure, and the development of dynamic organizational capabilities. Heterogeneity analysis reveals that the effect of digital transformation is most pronounced in non-state-owned, high-technology companies and enterprises located in eastern regions of China. The results are interpreted through the lens of Teece's dynamic capabilities theory, and managerial and policy implications are discussed.

Keywords: digital transformation, radical innovation, Chinese manufacturing sector, dynamic capabilities, R&D, listed companies, human capital, heterogeneity of effects, panel data.

References

1. Golovenchik G.G., Van Yuan. *Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti Kitaya: opyt dlya EAES* [Digital Transformation of Chinese Industry: Experience for the EAEU] / G.G. Golovenchik, Van Yuan; under gen. ed. of M.M. Kovalev. Minsk: BGU Publishing Center, 2020. 166 p. (In Russ.)
2. ISIEK NIU VShE. *Kitay: top-15 tekhnologicheskikh trendov tsifrovoy transformatsii* [China: Top-15 Technological Trends of Digital Transformation] [Electronic resource]. Moscow: HSE, 2023. URL: https://issek.hse.ru/news/860964524.html (accessed: April 15, 2025). (In Russ.)
3. Ma Khuaten, Men Chzhaoli, Yan Deli, Van Khualey. *Tsifrovaya transformatsiya Kitaya. Opyt preobrazovaniya infrastruktury natsional'noy ekonomiki* [Digital Transformation of China. Experience of Transforming the National Economy Infrastructure] / Trans. from Chinese. Moscow: Intellektual'naya literatura, 2019. 250 p. (In Russ.)
4. Ponomareva A.O. Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: mekhanizmy realizatsii i instrumenty promyshlennoy politiki v novykh geopoliticheskikh usloviyakh [Digital Transformation of Industry: Implementation Mechanisms and Industrial Policy Tools in New Geopolitical Conditions] // *Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: sbornik statey* [Digital Transformation of Industry: Collected Articles]. Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of RAS, 2023. P. 90–102. (In Russ.)
5. Du C., Zhang Q. Supply network position, digital transformation and innovation performance: Evidence from listed Chinese manufacturing firms // *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17, No. 12. 17 p.
6. Shao D., Lv K., Fan X., Zhang B. Foreign executives, digital transformation, and innovation performance: Evidence from Chinese-listed firms // *PLoS ONE*. 2024. Vol. 19, No. 6. 24 p.
7. Teece D.J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance // *Strategic Management Journal*. 2007. Vol. 28, No. 13. P. 1319–1350.
8. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: a multidisciplinary reflection and research agenda // *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122, No. 1. P. 889–901.
9. Wang J., Zhang Y., Zhao R. Digital transformation, dynamic capabilities and new quality productive forces: Empirical data from listed Chinese manufacturing companies // *PLoS ONE*. 2026. Vol. 21, No. 1. 22 p.
10. Wen H., Zhong Q., Lee C. Digitalization, competition strategy and corporate innovation: Evidence from Chinese manufacturing listed companies // *International Journal of Innovation Studies*. 2022. Vol. 6, No. 3. P. 122–134.
11. Xu L., Zhou Y., Chen L. Digital Transformation and Breakthrough Innovation in Chinese Manufacturing Firms: Based on Ability-Motivation-Opportunity (AMO) Framework of Human Capital // *SAGE Open*. 2024. Vol. 14, No. 3. DOI: 10.1177/21582440241264348.
12. Zhang Q., Yang M., Lv S. Corporate Digital Transformation and Green Innovation: A Quasi-Natural Experiment from Integration of Informatization and Industrialization in China // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, No. 15. 21 p.

Коммерциализация инноваций: сущность и ключевые характеристики

Казакова Оксана Борисовна
доктор экономических наук, профессор кафедры инновационной экономики, Уфимский университет науки и технологий, kazakovaoxana@mail.ru,

Гоголев Валерий Юрьевич
аспирант, кафедра инновационной экономики, Уфимский университет науки и технологий, gogolevvalerii@gmail.com

В статье представлен анализ различных подходов к раскрытию сущности и ключевых характеристик коммерциализации инноваций: ресурсного, процессного, результативного. Выделены особенности различных трактовок, сходства и различия понимания сущности инноваций в зависимости от целей исследования. Доказано, что использование отдельных подходов не раскрывает ключевых характеристик коммерциализации инноваций и не позволяет провести четкой границы со смежными понятиями. Проведен анализ соответствия коммерциализации инноваций родовым признакам общественного института, по результатам которого обосновано, что сущность коммерциализации инноваций целесообразно рассматривать через призму общественных отношений. Такой обеспечивает возможность раскрыть внутреннюю природу коммерциализации инноваций, обосновать гибкость, изменчивость и адаптивность как неотъемлемые свойства коммерциализации инноваций, выделить условия ее успешного осуществления, основанные на обеспечении интересов каждого из участников коммерциализации.
Ключевые слова: коммерциализация инноваций, инновации, процессный подход, ресурсный подход, результативный подход, общественный институт, общественные отношения.

Введение

Коммерциализация инноваций занимает важное место в системе инновационной экономики и инновационного развития субъектов экономики. В связи с чем становится объектом интересов многих ученых, которые направляют свои исследования на изучение моделей коммерциализации, среды, способствующей коммерциализации, а также определенных методов, инструментов и проблем коммерциализации инноваций.

При этом, по нашему мнению, относительно небольшое количество внимания ученые уделяют одному, с первого взгляда не ориентированному на практику, но на самом деле очень важному аспекту коммерциализации инноваций – рассмотрению самой природы коммерциализации инноваций. Данный вопрос носит фундаментальный характер, а его решение оказывает непосредственное влияние не только на основные положения теории инноваций, но и на конкретные инструменты практического регулирования инновационной сферы, поскольку формирует понимание данного явления и фактически определяет методологию, модели и механизмы повышения результативности инновационных процессов.

Методы

В рамках настоящего исследования для исследования внутренней природы, эволюции понятия и его функций были использованы такие методы как терминологический и функциональный анализ, а также операционализация, заключающаяся в выделение ключевых признаков и эмпирических характеристик, отражающих трансформацию его сущности с учетом современных параметров и трендов развития социально-экономических систем. Исходной информационной базой явились научные статьи и публикации, нормативные и правовые акты в области инновационного развития.

Результаты и обсуждение

Обзор научных статей и публикаций [1] показал, что рассмотрение вопроса о природе коммерциализации инноваций ограничивается представлением описания элементов и\или признаков данного явления и дальнейшего закрепления непосредственно определения, то есть разъяснения о том, что конкретный автор понимает под самим термином «коммерциализация инновации». Помимо этого фундаментального рассмотрения данное явление не получает внимания, что представляется нам существенным упущением, так как коммерциализация подразумевает под собой сложный, многоструктурный и в некотором роде противоречивый саму процесс, направленный на генерацию экономических благ и удовлетворение общественных потребностей.

В целях дальнейшего изучения природы коммерциализации представляется логичным отталкиваться от уже имеющейся глубоко проработанной базы определений термина «коммерциализация», для чего проведем краткий анализ основных направлений исследований по данному вопросу.

В отечественной научной литературе основным наиболее распространенным подходом к определению коммерциализации инноваций является рассмотрение коммерциализации как процесса трансформации результатов научной деятельности в экономическое благо. При этом ключевые отличия различных трактовок фокусируются на двух параметрах: степень детализации определения и значение самого явления коммерциализации инновации.

Одни ученые рассматривают коммерциализацию как непосредственно процесс преобразования результата научного труда в экономическое благо [2, 3], другие – в качестве вспомогательного процесса, способствующего такой трансформации [4].

В части детализации определения основные различия у отечественных авторов заключаются в необходимости определять актуальность полученного знания на рынке, рассмотрении получения дохода как цели процесса коммерциализации, а также указании на методы и инструменты коммерциализации.

Федеральным законом Российской Федерации «О науке и государственной научно-технической политике» закреплено, что коммерциализация – это «деятельность по вовлечению в экономический оборот научных и (или) научно-технических результатов» [5]. В таком ключе коммерциализация рассматривается не столько как процесс преобразования,

сколько как совокупность активных целенаправленных действий субъектов инновационной деятельности, необходимых для использования результатов научно-исследовательской деятельности в хозяйственном обороте. Такой подход представляется, с одной стороны, более практико-ориентированным, поскольку охватывает различные аспекты коммерциализации инноваций, как опосредованные рынков, так и без такового. Однако, с другой, стороны, за рамками рассмотрения остается вопрос преобразования созданного научного и (или) научно-технического в готовый для вовлечения в хозяйственный оборот продукт. При таком подходе за рамками рассмотрения остается наиболее важная взаимосвязь коммерциализации и выхода инновации на рынок, ведь даже совершение всех необходимых действий не гарантирует ни формирования нового товара, ни его выхода на рынок.

Схожий с российским законодателем подход существует и у иностранных авторов, выдвигающих теорию о том, что коммерциализация заключается в действиях, необходимых для выведения инновации на рынок [6].

Другой популярный в зарубежной литературе подход отталкивается от определения коммерциализации через масштабы освоения рынка. В целом он разделяется на несколько течений, где одни ученые считают, что коммерциализация есть первая реализация товара на рынке [7], а другие увязывают коммерциализацию с захватом инновационным товаром основного рынка [8].

Данный подход, в отличие от предыдущего, связывает коммерциализацию непосредственно с реализацией инновации, при этом упор делается на финальную стадию коммерциализации. Вместе с тем само рассматриваемое явление сложно представить и без необходимых действий участников экономических отношений и без самого преобразования знания в товар или экономическое благо, так как при исключении любого из этих элементов сама сущность коммерциализации раскрывается не полностью.

Достаточно распространенным среди исследователей является ресурсный подход, который заключается в отнесении коммерциализации к возможности предприятия реализовывать инновацию на рынке и при этом захватывать его существенную часть, превосходящую численность ранних последователей [9]. Сложно согласиться, что природа коммерциализации заключается в наличии у какого-то субъекта экономики ресурсов для выведения инновации на рынок, хотя наличие ресурсов, несомненно, играет при этом значимую роль. Именно поэтому такой подход может использоваться для исследования только ресурсной составляющей коммерциализации инноваций.

В результате рассмотрения основных подходов к определению коммерциализации инноваций можно проследить, что в рамках каждого из них сущность коммерциализации сводится к пониманию отдельного элемента или сужается до рассмотрения отдельного этапа: это или процесс, или результат этого процесса, или этап завоевания рынка или достаточность ресурсов субъекта экономики. Таким образом, ни один из приведенных подходов не раскрывает самой сущности коммерциализации, ограничиваясь лишь описанием явления.

Представляется, что наиболее полно раскрывает сущность коммерциализации процессный подход, который в отличие от результативного опирается на наличие определенных действий и процессов, без которых невозможна трансформация научного знания в товар. Однако в этом случае возникает несоответствие понятий, которое возникает при соотнесении терминов коммерциализация (как процесса) и непосредственно процесса коммерциализации инноваций. Действительно при раскрытии коммерциализации как процесса грань между двумя понятиями становится неразличимой и термин процесс коммерциализации теряет свое значение. Считаем необходимым разделять данные два явления, в связи с чем процессный подход требует уточнения и дополнения при исследовании сущности коммерциализации инноваций.

В качестве поиска альтернативных подходов к пониманию коммерциализации предлагаем рассмотреть данное явление через призму сначала общественного (экономического) института, а затем совокупности общественных отношений.

Стоит отметить, что мысль рассмотрения коммерциализации через призму общественных институтов не является новой, вопрос институализации коммерциализации инноваций поднималась ранее, в том числе в российской науке [10]. Однако основное направление исследований сводится к рассмотрению и формированию институтов, возникающих в смежных коммерциализации инноваций сферах, таким образом идет рассмотрение не самой коммерциализации инноваций как института, а институтов, обеспечивающих более стабильное и эффективное протекание процесса коммерциализации.

При этом при переложении основных родовых признаков, присущих общественным институтам, на явление коммерциализации инноваций на первый взгляд коммерциализация инноваций достаточно хорошо вписывается в конструкцию общественного института и ей присущи все основные признаки. Так как в науке существует несколько подходов к определению признаков общественного института и данный вопрос не подпадает под тему нашего исследования, предлагается остановиться на обобщённых Шубниковым Ю.Б. родовых признаках общественного института [11].

Во-первых, общественные институты – всегда результат общественных отношений с определенными правилами. В свою очередь представить коммерциализацию инноваций в любом из присущих к ее определению подходов невозможно без возникновения общественных отношений. При этом в части наличия определенных правил относимость уже не столь очевидна и неоспорима. Действительно коммерциализация сопровождается определенными правилами взаимодействия между участниками процесса коммерциализации или взаимодействия с рыночными механизмами, однако данные правила, во-первых, носят зачастую характер сложившихся обычаев, которые могут достаточно быстро и гибко изменяться в зависимости от конкретной сложившейся ситуации, а, во-вторых, сильно зависят от конкретного вида инновации, которую пытаются коммерциализировать. Так, отношения и правила коммерциализации, которым следует руководствоваться при реализации, например, продуктовой инновации будут существенно отличаться от внедрения организационных инноваций. В первом случае будут превалировать правила взаимодействия с потребителем, чтобы обеспечить наиболее успешное распространение инновации на рынке, в случае же с организационной инновацией основными правилами будут правила организации и руководства производством, взаимодействия с работниками предприятия и т.п. В приведенном примере различный субъектный состав возникающего отношения, как следствие, приводит к разным требованиям взаимодействия участников коммерциализации. Необходимо отметить, что такое применимо не только к указанному примеру, но и другим случаям коммерциализации разных инноваций. Таким образом, указание на тот факт, что общественное отношение регулируется определенными правилами представляется, с одной стороны, подходящим, но с другой – такие правила будут существенно изменяться в зависимости от конкретного предмета общественного отношения (конкретной инновации) и складывающейся среды коммерциализации, что, как представляется, не позволяет сделать вывод, что коммерциализация – это игра по определенным правилам, это скорее игра в определенном поле возможных, но не утвержденных правил.

Во-вторых, важным признаком является регулярное воспроизводство отношений. В данном контексте коммерциализация инноваций может быть рассмотрена как обязательная, регулярно воспроизводимая стадия инновационного процесса и элемент экономического цикла, в связи с чем споров о регулярности данного явления быть, как представляется, не может.

Следующим признаком общественного института является существование социальных образований, обеспечивающих функционирование общественного института. В данном контексте можно говорить об институализации коммерциализации через институты общества, бизнеса и государства. Каждая из данных сфер обладает обширным списком институтов, способствующих функционированию коммерциализации. Приведем примеры некоторых из них: венчурное предпринимательство, кластеры и инновационные консорциумы в сфере бизнеса; технопарки, акселераторы, университеты и нормативная политика как институты государства; гражданское общество, общественные движения (защита природы и экологии например) и общественное мнение как институты от общества. Все указанное определенно не является окончательным перечнем институтов, а скорее демонстрацией малой части таких институтов, или социальных образований, без которых коммерциализация или существенно замедлится, или вовсе станет невозможной.

Для признания коммерциализации полноценным общественным институтом необходимо выделить специфический объект, присущий исключительно данному потенциальному институту. По нашему мнению, таким объектом можно признать отношения, необходимые для преобразования нового знания в экономическое благо через его объективизацию и\или реализацию в реальном мире. Именно необходимые отношения между субъектами коммерциализации инноваций и особенность предмета, по которым такие отношения складываются, позволяют четко отделить коммерциализацию от других схожих явлений.

Еще одним признаком ряд ученых выделяет наличие транзакционных издержек, что применимо к коммерциализации не может вызывать споров – для достижения полезного экономического эффекта преобразование нового знания требует привлечения ресурсов независимо ни от

вида инновации, ни от субъектного состава складывающихся отношений. В целом вопрос издержек является одним из ключевых при обращении к рассмотрению данного явления.

Последним для рассмотрения, но при этом одним из наиболее важных признаков общественного института является объективный характер складывающихся отношений, то есть ситуация, когда складывающиеся действия и правила действий между участниками многократно повторяются независимо от особенностей отдельно взятого конкретного случая. Особенности инновационных взаимоотношений, которые предполагают не только широкую вариативность возможных ситуаций, но и по своей сущности открытие новых горизонтов, выход за рамки уже существующих, устоявшихся правил, действий, видений определенных вопросов – все это прямо исключает возможность и необходимость существования жестко закрепленного алгоритма поведения и репетативности складывающихся отношений. Хотя нельзя сказать о том, что у коммерциализации вовсе отсутствует объективность складывающихся отношений: все участники будут проходит основные стадии поиска финансирования, способов реализации инновации в объективный мир и так далее. Однако необходимо понимать, что именно в результате прохождения этих стадий возникает необходимость поиска альтернативных способов применения нового решения для получения положительного эффекта, в связи с чем деперсонализация отдельной коммерциализации может привести к ситуации, когда коммерциализация невозможна вовсе, так как попытка загнать коммерциализацию под определенную общепринятую обезличенную форму будет служить не поддержанию порядка и стройности системы и повышению общей эффективности, а ограничению возможностей поступательного развития общества.

Принимая во внимание указанное, представляется, что рассмотрение коммерциализации как общественного института, который является относительно стабильным, не в полной мере способствует эффективному пониманию коммерциализации инноваций. К тому же большая часть рассмотренных признаков в большей мере относится все же к модели коммерциализации инноваций, чем к самой коммерциализации.

В то же время проведенный анализ соответствия коммерциализации родовым признакам общественного института показал, что коммерциализации свойствен особенный объект, она неразрывно связана с отношениями между двумя и более субъектами, а также в силу характера ее объекта характеризуется гибкостью, изменчивостью и адаптивностью, исходя из чего можно предположить, что коммерциализацию можно отнести скорее к особенному виду общественных отношений, чем к общественному институту.

Так коммерциализация любой инновации предполагает неизбежное взаимодействие минимум двух субъектов: это могут быть взаимоотношения инновационного центра и бизнеса по разработке прототипа продукта, или предпринимателя и потребителя инновационного продукта в качестве рыночного отношения транзакции блага, или представителя маркетинговой группы и целевой группы в рамках использования маркетинговых инноваций – данный список можно продолжать долго, перекладывая возникающие отношения на коммерциализацию любой инновации. Действительно, сложно представить реализацию инновации без участия нескольких субъектов. Взаимодействие субъектов необходимо, ведь без него не произойдет ни формирования инновации в объективной реальности, ни получения от нее положительного экономического эффекта.

И именно общественное отношение позволяет раскрыть ключевые для коммерциализации инновации характеристики – изменчивость, гибкость и адаптивность. За счет необходимости участникам находить способы взаимодействия для достижения своих интересов возникает широкое разнообразие возможных решений, принимаемых субъектами взаимоотношений, даже если оно возникает впервые.

При этом у коммерциализации есть свой особенный объект, который позволяет отделить коммерциализацию от любых других схожих общественных отношений – получение полезного эффекта от новых знаний.

Принимая во внимание указанное, представляется справедливым признать, что сущность коммерциализации заключается в тех отношениях, которые складываются между участниками процесса при попытках получения положительного эффекта от инноваций. Поэтому предлагается рассматривать коммерциализацию инноваций как совокупность общественных отношений, возникающих между субъектами инновационного процесса и необходимых для получения положительного экономического эффекта от нового знания.

Заключение. Предложенный подход позволяет, во-первых, глубже понять сущность происходящих процессов: учитывая, что коммерциализация – это общественные отношения, необходимо принять факт того, что они всегда будут изменчивы в процессе развития общества, науки, экономики. При этом для повышения эффективности коммерциализации и профилактике пагубного влияния необходимо сосредоточится на предотвращении возникающих опасных и негативных отношений (например, коммерциализации за счет теневой экономики, коммерциализации инноваций, способствующих деструктуризации общества и государства и др.). При этом все еще требуют определенного регулирования уже сложившиеся отношения на практике для того, чтобы уже созданные и отработанные инструменты и механизмы получали должный уровень закрепления для потенциальной репродукции ранее использованных эффективных решений.

Во-вторых, выведение коммерциализации в раздел общественных отношений позволяет достоверно сказать, что их успех напрямую зависит не только от наличия ресурсов у субъектов коммерциализации или качестве потенциальной инновации, но и от степени защищенности и условий безопасности всех участников коммерциализации: сложно представить, что ученый под угрозой уголовной ответственности провел много успешных опытов (хотя в истории такие примеры и есть, они скорее исключение), или что предприниматель без обеспечения финансовой безопасности себя как отдельной личности будет склонен входить в высокорисковый венчурный бизнес, равно как и потребитель будет склонен отказаться от потребления инновационного продукта в связи с недостаточным пониманием безопасности нового товара. В связи с указанным необходимо не просто создавать формальные предпосылки для успешного развития инновационной экономики страны, а отталкиваться от обеспечения интереса каждого из участников коммерциализации, так как в противном случае даже при наличии идей и средств для их реализации, возможности получить от нее экономический результат будут сведены к минимума из-за кризиса складывающихся общественных отношений.

Использование предложенного подхода позволяет разграничить смежные понятия. Так, коммерциализация – это непосредственно отношения между участниками, процесс коммерциализации – те реальные последовательные действия, способствующие преобразованию знания в инновацию; а модель коммерциализации – свод всех отношений, институтов, участников и всех иных элементов, задействованных в процессе коммерциализации инноваций.

Таким образом, формируется четкая терминологическая база исследования вопросов коммерциализация инноваций, позволяющая увязать процессный, ресурсный и результативный подходы в единое целое через призму общественных отношений и выделить ключевые условия успешности трансформации новых знаний в экономическое благо.

Литература

1. Slok-Madsen, S. K., Ritter, T., & Sornn-Friese, H. Commercialization in innovation management: Defining the concept and a research agenda. In 77th Annual meeting of the Academy of Management: At the Interface // https://www.researchgate.net/publication/320790554_Commercialization_in_Innovation_Management_Defining_the_Concept_and_a_Research_Agenda
2. Коваженков М. А., Бганцева Я. В. Инновационная стратегия управления коммерциализацией интеллектуальной собственности вуза // КЭ. 2009. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-strategiya-upravleniya-kommertsializatsiey-intellektualnoy-sobstvennosti-vuza (дата обращения: 21.04.2026).
3. Козметский Дж. Вызов технологических инноваций на пороге новой эры общемировой конкуренции / Дж. Козметский // Трансфер технологии и эффективная реализация инноваций / под ред. Н. М. Фонштейн. – М.: АНХ, 1999. – 296 сАнисимов, Ю. П., & Данилова, Ю. С. (2017). Сущность и методы коммерциализации инноваций. Экономинфо, (3), 47-50.
4. Федеральный закон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О науке и государственной научно-технической политике» // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102043112 (дата обращения: 12.03.2026).
5. Goldsmith, R. A Model for Technology Commercialization / R. Goldsmith // Mid-Continent Regional Technology Transfer Centre Affilliate's Conference. – Houston: NASA Johnson Space Centre, 1995.
6. Nerkar, A., & Shane, S. (2007). Determinants of invention commercialization: An empirical examination of academically sourced inventions. Strategic Management Journal, 28(11), 1155-1166.
7. Datta, A., Reed, R., & Jessup, L. (2013). Commercialization of innovations: an overarching framework and research agenda. American Journal of Business, 28(2), 147-191.
8. Fauth B.‘Good work’ in the knowledge economy: Evidence from two studies // Centre of Local Economic Strategies. – URL: https://cles.org.uk/wp-content/uploads/2011/01/LW83-Good-work.pdf

9. Шаховская Л. С., Матковская Я. С. Институционализация коммерциализации инноваций в России как условие для инновационного прорыва // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010. №24. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalizatsiya-kommertsializatsii-innovatsiy-v-rossii-kak-uslovie-dlya-innovatsionnogo-proryva (дата обращения: 21.04.2026).

10. Шубников Юрий Борисович Признаки и функции социальных институтов // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2013. №4 (60). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/priznaki-i-funktsii-sotsialnyh-institutov (дата обращения: 21.04.2026).

Commercialization of innovations: essence and key characteristics

Kazakova O.B., Gogolev V.Yu.
Ufa University of Science and Technology

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article presents an analysis of various approaches to revealing the essence and key characteristics of innovation commercialization: resource-based, process-based, and results-based. The article highlights the features of different interpretations, similarities, and differences in understanding the essence of innovation, depending on the research objectives. It is proven that the use of individual approaches does not reveal the key characteristics of innovation commercialization and does not allow for a clear distinction from related concepts. The article analyzes the correspondence of innovation commercialization to the generic features of a social institution, and it is argued that the essence of innovation commercialization should be viewed through the lens of social relations. This approach allows us to reveal the inner nature of innovation commercialization, justify flexibility, variability, and adaptability as integral properties of innovation commercialization, and identify the conditions for its successful implementation based on ensuring the interests of all participants.

Keywords: innovation commercialization, innovation, process approach, resource approach, results approach, public institution, public relations.

References

1. Slok-Madsen, S. K., Ritter, T., & Sorn-Friese, H. Commercialization in innovation management: Defining the concept and a research agenda. In 77th Annual meeting of the Academy of Management: At the Interface // https://www.researchgate.net/publication/320790554_Commercialization_in_Innovation_Management_Defining_the_Concept_and_a_Research_Agenda
2. Kovazhenkov, M. A., Bgantseva, Ya. V. Innovative strategy for managing the commercialization of intellectual property of a university // KE. 2009. No. 11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-strategiya-upravleniya-kommertsializatsiey-intellektualnoy-sobstvennosti-vuza (accessed: 21.04.2026).
3. Kozmetsky, J. The Challenge of Technological Innovation on the Threshold of a New Era of Global Competition / J. Kozmetsky // Technology Transfer and Effective Implementation of Innovations / edited by N. M. Fonshteyn. - Moscow: ANE, 1999. - 296 s. Anisimov, Yu. P., & Danilova, Yu. S. (2017). The Essence and Methods of Commercialization of Innovations. Ekonominfo, (3), 47-50.
4. Federal Law of August 23, 1996, No. 127-FZ (as amended on August 8, 2024) "On Science and State Scientific and Technical Policy" // Official Internet Portal of Legal Information [Electronic resource]. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102043112 (accessed: March 12, 2026).
5. Goldsmith, R. A Model for Technology Commercialization / R. Goldsmith // Mid-Continent Regional Technology Transfer Centre Affiliate's Conference. – Houston: NASA Johnson Space Centre, 1995.
6. Nerkar, A., & Shane, S. (2007). Determinants of invention commercialization: An empirical examination of academically sourced inventions. Strategic Management Journal, 28(11), 1155-1166.
7. Datta, A., Reed, R., & Jessup, L. (2013). Commercialization of innovations: an overarching framework and research agenda. American Journal of Business, 28(2), 147–191.
8. Fauth, B. 'Good work' in the knowledge economy: Evidence from two studies // Centre of Local Economic Strategies. – URL: https://cles.org.uk/wp-content/uploads/2011/01/LW83-Good-work.pdf
9. Shakhovskaya, L. S., Matkovskaya, Ya. S. Institutionalization of commercialization of innovations in Russia as a condition for an innovative breakthrough // National interests: priorities and security. 2010. No. 24. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalizatsiya-kommertsializatsii-innovatsiy-v-rossii-kak-uslovie-dlya-innovatsionnogo-proryva (accessed: 21.04.2026).
10. Shubnikov Yuri Borisovich Signs and Functions of Social Institutions // Bulletin of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2013. No. 4 (60). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/priznaki-i-funktsii-sotsialnyh-institutov (accessed: 21.04.2026).

Управление инновационным проектом производства сверхтвёрдых материалов в условиях цифровизации

Ширяева Людмила Сергеевна
к.т.н., доцент, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Целью исследования является анализ управления инновационным проектом по производству сверхтвёрдых материалов на основе комплексной многофакторной модели. Выделены ключевые этапы трансформации исследовательского алгоритма в промышленный «цифровой двойник»: оценка технологической готовности, интеграция в корпоративные IT-экосистемы, валидация на пилотных линиях и масштабирование. Предложена система критериев инвестиционно-инновационной эффективности, учитывающая сокращение издержек на НИОКР, оптимизацию ресурсных затрат и снижение производственного брака. Выявлены основные риски проекта (технологические, кадровые, интеграционные) и сформулированы рекомендации по их минимизации в рамках проектного управления. Результаты данного исследования имеют практическое значение при формировании портфелей инновационных проектов предприятий химической и металлургической промышленности, а также при разработке методик оценки цифровой зрелости производственных систем. Предложены рекомендации по адаптации управленческих механизмов для масштабирования цифровых решений на смежные производства переходных металлов.

Ключевые слова: управление инновационными проектами, цифровые двойники, новые материалы, сверхтвердые материалы, технологическая готовность, инвестиционная эффективность, проектное управление, цифровая трансформация.

В настоящее время химическая и металлургическая промышленности демонстрируют разнонаправленную динамику: на фоне сохранения потенциала роста в сегментах импортозамещения наблюдается временное снижение объемов выпуска по ряду традиционных позиций, обусловленное перенастройкой логистических цепочек, изменением структуры спроса и необходимостью технологического переоснащения производств. Цифровая трансформация представляет собой фундаментальную перестройку всей системы взаимодействия между наукой, бизнесом и обществом [6]. Цифровые технологии способствуют созданию новых возможностей для ускорения инновационных процессов и повышения их эффективности. Ключевые направления этой трансформации включают: виртуализацию исследовательских процессов, которая обеспечивает глобальную доступность научной инфраструктуры и снижает барьеры для международного сотрудничества; интеллектуализацию процессов поиска и анализа, позволяющую автоматизировать сложные аналитические задачи и повысить точность прогнозирования технологических трендов; применение блокчейн-технологий, обеспечивающих защиту и прозрачность интеллектуальной собственности. [9]. Цифровизация химической и металлургической промышленности в последние годы стратегическим приоритетом для предприятий во всем мире. Применение решений Индустрии 4.0, промышленного интернета вещей (IoT), систем аналитики данных и искусственного интеллекта приводит к повышению производительности труда, оптимизации затрат, улучшению качества продукции и расширением экспортного потенциала. Экономический эффект цифровой трансформации не является автоматическим и зависит от качества управления изменениями, уровня развития институтов и согласованности государственной и корпоративной стратегий [5]. В условиях реализации национального проекта «Новые материалы и химия» отрасль сталкивается с необходимостью ускоренного перевода перспективных научно-технических разработок в промышленное производство. Ключевым барьером на этом пути выступает разрыв между этапами фундаментальных и прикладных исследований и стадией коммерциализации инноваций. Комплексные вычислительные модели, разрабатываемые в академической и отраслевой среде, часто остаются в статусе исследовательских инструментов, не интегрируясь в реальные производственные контуры. Переход от изолированной расчетной программы к промышленному «цифровому двойнику» требует не только технологической доработки, но и выстроенной системы проектного управления, оценки инвестиционной привлекательности и сопровождения на всех этапах жизненного цикла инновации. В данной статье на примере модели карбидообразования при плазменном синтезе анализируются управленческие механизмы, обеспечивающие успешное прохождение инновационным проектом стадии от НИОКР до промышленного внедрения. Основные направления поддержки НИОКР нацпроекта «Новые материалы и химия»: Создание и оснащение центров разработок и пилотирования технологий (2 Программы – Минпромторг и Минобрнауки); Субсидия на НИОКР по программе, аналогичной 1649 (новый общесистемный механизм); Государственное задание Минобрнауки России на разработку технологий в области биотеха; Субсидия на реинжиниринг по программе , аналогичной 208 через АНО «АТР»; Финансирование НИОКР через Российский научный фонд; Действующие программы комплексные научно-технические программы.

Особенности применения аппарата математического моделирования для определения параметров цифрового двойника представлена на рисунке 1 в виде комплексной модели карбидообразования.

Традиционные металлургические методы достигли своего предела в создании новых металлических материалов с улучшенными физическими характеристиками. Для удовлетворения современных и будущих потребностей в повышении прочности, коррозионной стойкости, магнитных и электрических свойств, а также других физических параметров, необходимо внедрение инновационных, неклассических подходов к производству чистых металлов и сплавов [9]. В работах [11, 12] подтверждена экономическая эффективность производства и применения сверхтвёрдых материалов. Предлагаемое решение в данном исследовании: интеграция вычислительной программы для многовариантных инженерных расчетов синтеза карбонитрида хрома (Cr(C,N)) в промышленное производство представляет собой переход от изолированного исследовательского инструмента к компоненту сложной цифровой экосистемы. Успешная реализация этого перехода требует решения комплекса технических задач, направленных на обеспечение надежности, скорости, совместимости и функциональной адекватности модели в условиях реального предприятия.

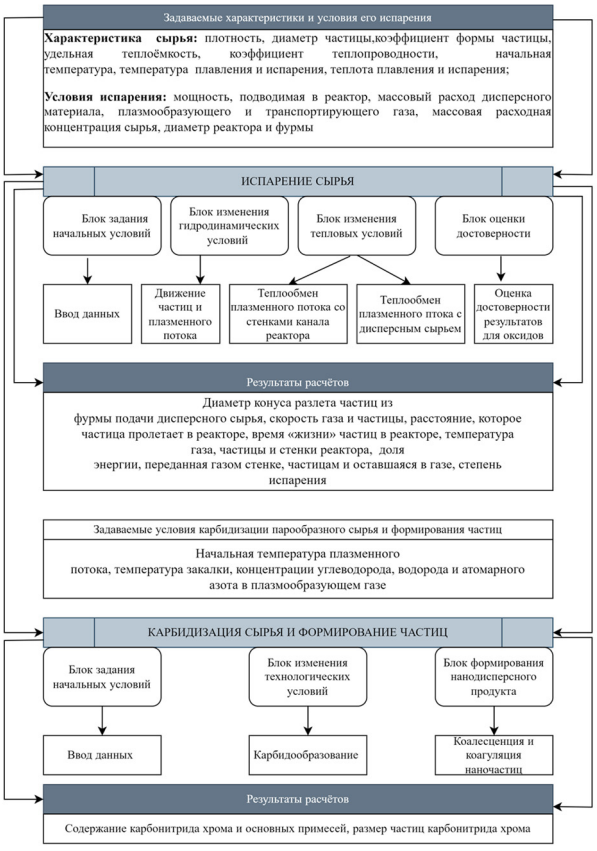


Рисунок 1 – Комплексная модель карбидообразования при плазменном синтезе
Источник: составлено автором

Ключевой концепцией, описывающей желаемое состояние такой интеграции, является «цифровой двойник». Масштабирование программы на весь ряд переходных металлов – Металлы IV-VI групп Ti, V, Cr, Zr, Nb, Ta, Mo, Hf, W с образованием металлоподобных синтетических соединений с достижением таких свойств, как сверхтвёрдость, тугоплавкость, жаростойкость, жаропрочность.

Управление инновационным проектом в сфере новых материалов требует четкого структурирования этапов в соответствии с уровнями технологической готовности. В Федеральной целевой программе «Исследования и разработки» на основе метода TRL была представлена методология TPRL (Technology Project Readiness Level) [4, 7] для оценки проектов, учитывающая такие ценности проекта, как: Технологическая готовность (TRL); Производственная готовность (MRL); Инженерная готовность (ERL); Организационная готовность (ORL); Преимущества и риски (BRL); Рыночная готовность и коммерциализация (CRL). Отличительной чертой данной методологии является комплексный подход, учитывающий при оценке уровня готовности проектов не только критерии, уровня готовности (как это принято в методе TRL), а и документы, на основании которых подтверждается выполнение данных критериев [8].

На примере комплексной многофакторной модели процесса плазменного синтеза карбида и карбонитрида хрома возможно описать типовой путь зрелости технологии, представленный в таблице 1:

Таблица *1*

TPRL	Технологическая готовность
TPRL 3,4 НИОКР/лабораторный прототип	Разработка алгоритма на базе унаследованных инструментальных сред, верификация физико-химических параметров, формирование отчётности для исследовательских и образовательных целей.
TPRL 5, 6 Пилотная валидация	Адаптация модели под промышленные протоколы данных, тестирование на реальных параметрах синтеза, оценка скорости расчётов и совместимости с существующими SCADA/MES-системами.
TPRL 7,8 Промышленная интеграция	Встраивание вычислительного модуля в корпоративную цифровую экосистему, формирование предиктивных сценариев оптимизации режимов, запуск в опытном производстве.
TPRL 9 Цифровой двойник	Полноценное использование модели как компонента системы управления производством, обеспечивающего прогнозирование качества продукта, минимизацию брака и автоматизированное принятие технологических решений.

Успешный переход между этапами TPRL зависит от качества проектного управления, наличия четких контрольных точек (stage-gate), привлечения кросс-функциональных команд и своевременного привлечения инвестиционного финансирования. Изолированность разработки от производственного контура на ранних стадиях является системной ошибкой, ведущей к «долине смерти» инноваций.

Экономическое обоснование инновационного проекта, направленного на создание цифрового двойника, строится на балансе между затратами на разработку, интеграцию и ожидаемым синергетическим эффектом. Ключевые экономические драйверы внедрения включают:

– сокращение затрат на натурные эксперименты и опытные плавки;

– оптимизация расхода сырья (хромсодержащего сырья, плазмообразующих газов, углеводородов);

– снижение доли брака и энергоемкости процесса;

– ускорение вывода новых марок материалов на рынок.

Однако реализация проекта сопряжена с комплексом инвестиционных рисков, требующих системного мониторинга (Таблица 2). Управление рисками должно быть встроено в проектную документацию на этапе инициирования. Целесообразно применение сценарного анализа ROI, поэтапного финансирования и создания резервных фондов на случай технологических задержек. Масштабирование решения на весь ряд переходных металлов IV–VI групп (Ti, V, Zr, Nb, Ta, Mo, Hf, W) позволяет распределить первоначальные затраты НИОКР на несколько производственных линий, повышая совокупную инвестиционную отдачу. Методика расчёта инвестиционной эффективности цифрового двойника заключается в определении показателя ROI (1), расчете TCO (Total Cost of Ownership) (2) [11].

$$ROI = \frac{\text{Доход} - \text{Затраты}}{\text{Затраты}} \text{x} 100\% \quad (1)$$

где:

доход – все средства, полученные от реализации проекта за определенный период;

затраты – совокупные инвестиции в разработку и внедрение цифрового двойника.

Анализ полных затрат на владение включает все затраты на протяжении жизненного цикла цифрового двойника [3]:

TCO=Сразработка+Свнедрение+Сэксплуатация+Споддержка+Смодернизация (2)

В таблице 2 представлена матрица инвестиционных рисков при производстве сверхтвёрдых материалов в условиях цифровизации.

Таблица 2
Матрица инвестиционных рисков инновационного проекта создания цифрового двойника

Группа рисков	Описание	Решение
Технологические	Низкая скорость расчётов, несовместимость с MES/ERP, устаревшая архитектура	Модернизация IT-стека, API-интеграция, нагрузочное тестирование на пилоте
Экономические	Превышение бюджета НИОКР, длительный срок окупаемости, волатильность цен на сырьё	Поэтапное финансирование, сценарный анализ ROI, хеджирование
Интеграционные	Сопротивление персонала, разрозненность данных, отсутствие единых стандартов	Создание проектного офиса, кросс-функциональные команды, обучение.
Масштабирование	Сложность адаптации *модели* на новые группы металлов, рост затрат на поддержку	Модульная архитектура, стандартизация входных параметров, тиражирование компетенций

Техническая реализация цифрового двойника невозможна без трансформации организационной структуры и развития человеческого капитала. Управление проектом требует создания гибридных команд, объединяющих материаловедов, IT-архитекторов, технологов и экономистов. Ключевые управленческие задачи на этом этапе:

– формирование проектного офиса с компетенциями в области agile-методологий и управления цифровыми продуктами;

– разработка программ опережающей подготовки и переподготовки кадров, ориентированных на работу с предиктивными моделями и большими данными;

– внедрение системы мотивации, привязанной к достижению этапов TPRL и реальным производственным KPI (снижение себестоимости, повышение выхода годного продукта);

– преодоление организационного сопротивления через пилотные запуски и демонстрацию «быстрых побед» (quick wins) [2].

Интеграция модели в образовательный процесс (направления «Металлургия», «Химическая технология») создает устойчивый кадровый резерв, обеспечивающий долгосрочную поддержку цифрового проекта и снижение зависимости от внешних подрядчиков. Создание современных инженерных школ при университетах – ключевой элемент преобразования нашего технологического общества, особенно в условиях экономической нестабильности. Эти школы призваны не только готовить лучших студентов по инженерным направлениям и повышать квалификацию действующих инженеров, но и стимулировать разработку новых технологий. Они служат основой для формирования конкурентоспособной промышленности, способной решать глобальные задачи и успешно выступать на мировом рынке. Значение таких школ для экономики подтверждается различными теоретическими подходами, включая образовательные, социальные, организационные и экономические [1].

Применение цифровых технологий качественно трансформирует передовые научные исследования: создаёт возможности для интеграции оборудования в международные сети, обеспечивает удалённый доступ к проектам и экспериментальной работе для многочисленных научных групп; значительно ускоряет процессы сбора, анализа данных; обеспечивает новые способы финансирования, управления и коммерциализации научных разработок, а также администрирования результатов интеллектуальной собственности [10].

Таким образом, можно сделать вывод, что управление инновационными проектами в сфере новых материалов требует перехода от разрозненных НИОКР к сквозному проектному циклу, завершающемуся созданием промышленного «цифрового двойника». На примере модели карбидообразования показано, что успешная трансформация исследовательского алгоритма в управленческий инструмент зависит от четкого структурирования этапов по шкале TPRL, встроенного риск-менеджмента, обоснования инвестиционной эффективности и развития кросс-функциональных компетенций. Предложенные подходы позволяют минимизировать риски «долины смерти» инноваций, ускорить коммерциализацию разработок и повысить отдачу от инвестиций в рамках национального проекта «Новые материалы и химия». Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку отраслевых стандартов проектного управления цифровыми двойниками и унифицированных методик расчета совокупной стоимости владения (ТСО) цифровыми производственными решениями.

Литература

1. Келлер А.В., Суворов Г.Н., Шадрин С.С., Коршунов И.А., Ширкова Н.Н. Передовые инженерные школы: трансфер компетенций и инноваций в интересах регионального и отраслевого развития // Высшее образование в России. 2025. Т. 34. №2. С. 9–30. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-2-9-30.
2. Левичев М.А. Преодоление организационных барьеров и культурных сдвигов при внедрении технологий искусственного интеллекта в существующие структуры и процессы управления рисками // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 4А. С. 747-759.
3. Масленников В.В., Ляндау Ю.В., Калинина И.А. Менеджмент: учебник [Электронный ресурс]. URL: https://www.labirint.ru/books/671424/ (дата обращения: 14.05.2026).
4. Методология оценки готовности проектов TPRL [Электронный ресурс]. URL: https://abit-russia.com/tprl (дата обращения 14.05.2026).
5. Наумов, Д.В. Цифровая трансформация промышленных предприятий: экономический аспект /Д.В. Наумов - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2025 - №9. - С.80-93. - URL: http://www.theoreticaleconomy.ru (Дата публикации: 30.09.2025).
6. Сопилко Н. Ю., Спильниченко В.К. Стратегическое управление в контексте обеспечения национальной экономической безопасности // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 4, № 5(146). – С. 33-41. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.04.005.
7. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2017 г. № 2128-ст (2017) ГОСТ Р 58048–2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий / Техэксперт. http://docs.cntd.ru/ document/1200158331.
8. Петров А. Н., Комаров А. В. Оценка уровня технологической готовности конкурсных заявок с использованием методологии TPRL // Экономика науки. 2020 Т. 6. № 1–2. С. 88-99.
9. Ширяева Л.С. Международные и национальные практики оценки трансфера технологий // Наука и искусство управления. – 2026. –№1. – С.135-150.
10. Ширяева Л.С. Научная блокчейн-экосистема: путь от охраны авторских прав к экономике знаний // Инновации и инвестиции. – 2026. – №1.– С.308-322.
11. Ширяева Л.С., Галевский Г.В., Гарбузова А.К. Производство и применение карбида титана (оценка, тенденции, прогнозы) // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2014.– Том 195.– № 2.– С. 100-108.
12. Ширяева Л.С., Ноздрин И.В. Применение аппарата математического моделирования в технологии получения нанокристаллического диборида хрома // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием (апрель 2022). – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ. – С. 45-48.

Management of an innovative project for the production of superhard materials: from a model to a digital twin

Shiryaeva Ly.S.
Russian State University for the Humanities

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article presents the results of the analysis carried out in terms of managing an innovative project for the production of superhard materials using the example of a complex multifactorial model of carbide formation. The key stages of the transformation of the research algorithm into an industrial "digital twin" are highlighted: assessment of technological readiness, integration into corporate IT ecosystems, validation on pilot lines and scaling. A system of criteria for investment and innovation efficiency is proposed, taking into account the reduction of R&D costs, optimization of resource costs and reduction of production defects. The main risks of the project (technological, personnel, integration) are identified and recommendations for their minimization within the framework of project management are formulated. The results of this study have practical significance in the formation of portfolios of innovative projects for enterprises in the chemical and metallurgical industries, as well as in the development of methods for assessing the digital maturity of production systems. Recommendations on the adaptation of management mechanisms for scaling digital solutions to related production of transition metals are proposed.

Keywords: innovative project management, digital twins, new materials, superhard materials, technological readiness, investment efficiency, project management, digital transformation.

References

1. Keller A.V., Suvorov G.N., Shadrin S.S., Korshunov I.A., Shirkova N.N. Advanced engineering schools: Transfer of competencies and innovations in the interests of regional and industry development // Higher education in Russia. 2025. Vol. 34. No. 2. pp. 9–30. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-2-9-30.
2. Levichev M.A. Overcoming organizational barriers and cultural shifts in the implementation of artificial intelligence technologies in existing risk management structures and processes // Economy: yesterday, today, tomorrow. 2025. Vol. 15. No. 4A. pp. 747–759.
3. Maslennikov V.V., Lyandau Yu.V., Kalinina I.A. Management: textbook [Electronic resource]. URL: https://www.labirint.ru/books/671424/ (accessed: 14.05.2026).
4. Methodology for assessing the readiness of TPRL projects [Electronic resource]. URL: https://abit-russia.com/tprl (accessed: 14.05.2026).
5. Naumov, D.V. Digital transformation of industrial enterprises: economic aspect / D.V. Naumov - Text: electronic // Theoretical Economics. - 2025 - No. 9. - Pp. 80-93. - URL: http://www.theoreticaleconomy.ru (Date of publication: 30.09.2025).
6. Sopilko N. Yu., Spilnichenko V.K. Strategic Management in the Context of Ensuring National Economic Security // Economics and Management: Problems, Solutions. 2024. Vol. 4, No. 5(146). pp. 33-41. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.05.04.005.
7. Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 29.12.2017 No. 2128-st (2017) GOST R 58048–2017. Technology Transfer. Guidelines for Assessing the Level of Technology Maturity / TekhExpert. http://docs.cntd.ru/document/1200158331.
8. Petrov A. N., Komarov A. V. Assessing the Level of Technological Readiness of Competitive Bids Using the TPRL Methodology // Economics of Science. 2020. Vol. 6. No. 1–2. Pp. 88–99.
9. Shiryaeva L. S. International and National Practices for Assessing Technology Transfer // Science and Art of Management. – 2026. – No. 1. – pp. 135–150.
10. Shiryaeva L. S. Scientific blockchain ecosystem: the path from copyright protection to the knowledge economy // Innovations and investments. - 2026. - No. 1. - pp. 308-322.
11. Shiryaeva L.S., Galevsky G.V., Garbuzova A.K. Production and application of titanium carbide (assessment, trends, forecasts) // Scientific and technical statements of the St. Petersburg State Polytechnical University. - 2014. - Vol. 195. - No. 2. - pp. 100-108.
12. Shiryaeva L.S., Nozdrin I.V. Application of mathematical modeling apparatus in the technology of producing nanocrystalline chromium diboride // Prospects for the development of hydrocarbon and mineral resources processing technology: Proceedings of the XII All-Russian scientific and practical. conf. with international. participation (April 2022). – Irkutsk: Publishing house of Irkutsk National Research Technical University. – pp. 45-48.

Инвестиционная привлекательность проектов КРТ

Комолова Анастасия Викторовна
бакалавр, ТОСП(ИПГС), НИУ МГСУ, komol.05@mail.ru,

Попов Сергей Евгеньевич
бакалавр, ТОСП(ИПГС), НИУ МГСУ, p.sergey04@mail.ru,

Дмитриев Кирилл Алексеевич
бакалавр, ТОСП(ИПГС), НИУ МГСУ, dmitirevkirill14@yandex.ru,

Русанов Дмитрий Александрович
Управление в строительстве, НИУ МГСУ, xgday@yandex.ru,

Боровых Александр Николаевич
бакалавр, ТОС, НИУ МГСУ, ualex0505@gmail.com

В статье исследуется инвестиционная привлекательность проектов комплексного развития территорий в Российской Федерации с акцентом на финансовые модели, банковские риски и механизмы государственно-частного участия. Методологически работа опирается на правовой анализ действующего законодательства о КРТ, концессиях и ГЧП, а также на сопоставление официальных статистических и аналитических материалов Минстроя России, Минэкономразвития России, Банка России, Росстата и оператора инфраструктурных облигаций. На основе типового проекта КРТ построена расчетная модель, включающая оценку NPV, IRR, DSCR, ожидаемых кредитных потерь и чувствительности к росту ставок и удорожанию строительства. Показано, что при сохранении всей инфраструктурной нагрузки внутри периметра девелопера проект становится слабо банковским, тогда как бюджетный грант, льготный инфраструктурный заем и распределение обязательств по созданию внеплощадочной инфраструктуры повышают NPV, улучшают DSCR и снижают ожидаемые потери банка. Сделан вывод, что для российского рынка КРТ решающим фактором является не максимизация заемного плеча, а институционально оформленная декомпозиция инфраструктурного риска между девелопером, банком и публичной стороной [1–16]. [2]

Ключевые слова: комплексное развитие территорий, КРТ, проектное финансирование, государственно-частное партнерство, концессия, банковский риск, DCF, NPV, IRR, DSCR, инфраструктурные облигации, инфраструктурные кредиты.

Современная модель КРТ в России сформирована после принятия Федерального закона от 30.12.2020 № 494-ФЗ, который встроил механизм комплексного развития территорий в Градостроительный кодекс и тем самым превратил КРТ из фрагментарной региональной практики в общефедеральный инструмент градостроительной политики [1]. Для инфраструктурной части таких проектов применимы и классические формы государственно-частного участия: соглашения о ГЧП и МЧП по Федеральному закону № 224-ФЗ, а также концессионные соглашения по Федеральному закону № 115-ФЗ [2; 3]. В практическом смысле это означает, что жилье в КРТ чаще финансируется девелоперской или проектно-банковской моделью, а школы, дороги, сети, тепловые и водные объекты могут выноситься в контур соглашений с публичной стороной [1–3]. [3]

С конца 2024 года государство перешло от общей регуляторной поддержки КРТ к адресному бюджетному участию. Постановлением Правительства РФ от 30.11.2024 № 1685 установлены федеральные субсидии регионам, реализующим проекты КРТ, а в 2025 году был утвержден перечень 37 субъектов, допущенных к такой поддержке. К ноябрю 2025 года правительство уже говорило о 120 млрд руб. федеральной поддержки этим регионам на период 2025–2030 годов [4–6]. По существу, это переломный момент: государство признало, что инфраструктурный дефицит в КРТ нельзя полностью перекладывать на денежный поток жилой застройки [4–6]. [4]

Масштаб КРТ растет быстро, но его доля в общем жилищном обороте пока еще ограничена. В апреле 2025 года правительство оценивало градостроительный потенциал проектов КРТ примерно в 260 млн кв. м; из них по 960 территориям уже велась реализация с потенциалом 150 млн кв. м. На начало 2026 года в активной стадии находилось 204 млн кв. м недвижимости по КРТ. Для сопоставления: общий ввод жилья в России за 2025 год составил 108,1 млн кв. м. Это показывает, что КРТ стало большим институциональным рынком, но пока не стало доминирующей моделью воспроизводства жилого фонда [7; 8; 14]. [5]

Практика ГЧП в целом также расширяется и создает для КРТ важную институциональную оболочку. По данным Минэкономразвития России, в 2024 году было заключено 278 соглашений на 2,4 трлн руб., из которых 1,8 трлн руб. составили частные инвестиции; на 1 октября 2025 года в России находились в стадии создания, эксплуатации или были успешно завершены более 4,4 тыс. соглашений концессионного и ГЧП-типа. Для КРТ это важно потому, что банк и инвестор получают уже не единичный, а достаточно зрелый рынок соглашений, на котором возможны стандартизация рисков, прямые соглашения с кредиторами и бюджетные формы компенсации капитальных затрат [9; 10]. [6]

Финансовые модели КРТ

Экономика КРТ может описываться четырьмя базовыми моделями. Первая — классическая DCF-модель девелопера, где весь денежный поток формируется рыночной продажей жилья и сопутствующих площадей. Вторая — проектное финансирование с эскроу, где стройка финансируется банковским кредитом, а средства покупателей аккумулируются на счетах эскроу. Третья — смешанная модель, в которой часть инфраструктуры выводится в бюджетный контур, а часть покрывается банковским долгом и средствами инвестора. Четвертая — инфраструктурные облигации, как источник относительно дешевого фондирования инфраструктурной части проекта при наличии ходатайства субъекта РФ и федеральной субсидии на льготность займа [11; 15; 16]. [7]

Именно смешанная конструкция выглядит для КРТ наиболее жизнеспособной. Банк России фиксирует, что к концу 2025 года портфель проектного финансирования застройщиков достиг 10,2 трлн руб., средневзвешенная ставка по нему держалась на уровне 10,2%, а покрытие задолженности средствами на счетах эскроу составляло 69%. При этом качество портфеля оставалось высоким: кредиты IV–V категорий качества были ниже 1% портфеля. Эти цифры показывают, что банковская модель в жилищном строительстве в целом устойчива, однако ее устойчивость обеспечивается не только спросом, но и наличием защищенного механизма эскроу. Для КРТ этого недостаточно, если проект несет еще и социальных «пассажиров» в виде дорог, школ и сетей [11]. [8]

Для проверки инвестиционной логики КРТ была построена упрощенная модель типового проекта с горизонтом шесть лет. В качестве выручки принят официальный показатель средней цены на первичном рынке жилья по Российской Федерации за IV квартал 2025 года — 201 954,59 руб. за 1 кв. м. Для строительной части использован норматив Минстроя России на второе полугодие 2025 года — 113 685 руб. за 1 кв.

м общей площади жилого помещения по РФ. Поскольку единых публичных калькуляторов для полного цикла КРТ на федеральном уровне нет, показатели площади, объема переселения, величины гранта и доли инфраструктурного займа заданы как модельные допущения, но денежная база калибрована по официальной статистике 2025 года [11–13; 15; 16]. [9]

Таблица 1
Сравнение финансовых моделей КРТ

Модель	Источник возврата капитала	Типичная роль банка	Распределение риска	Преимущество	Основное ограничение
DCF девелопера	Продажа жилья и встроенных помещений	Кредитор или отсутствует	Почти весь риск на инвесторе	Простота и гибкость	Инфраструктурная нагрузка быстро «съедает» маржу
Проектное финансирование с эскроу	Продажи по ДДУ, раскрытие эскроу	Старший кредитор	Риск спроса частично смягчается эскроу	Высокая банковская стандартизация	Внешняя инфраструктура остается проблемой
Смешанная схема	Продажи жилья + бюджетный грант + льготный инфраструктурный заем	Старший кредитор и/или агент по контролю	Риски делятся между девелопером, банком и публичной стороной	Лучший баланс доходности и банковской приемлемости	Более сложная структура соглашений
Инфраструктурные облигации	Рыночное фондирование через операторскую платформу, заем проекту	Не обязательно основной кредитор	Инфраструктурный риск частично выводится из банковского лимита	Снижение стоимости длинных денег	Не заменяет девелоперскую выручку, требует участия региона

Источник: составлено автором по данным Банка России, Правительства РФ и оператора инфраструктурных облигаций [11; 15; 16]. [7]

В модели приняты следующие формулы:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{FCF_t}{(1+r)^t}, \quad IRR: NPV = 0, \quad DSCR_t = \frac{CFADS_t}{Int_t + Pr_t}$$

$$EL = PD \times LGD \times EAD, \quad Escrow\ Coverage = \frac{Escrow_t}{Debt_t}$$

Здесь FCF_t — свободный денежный поток проекта, r — ставка дисконтирования, $CFADS_t$ — денежный поток, доступный для обслуживания долга, Int_t и Pr_t — проценты и погашение основного долга, EL — ожидаемые кредитные потери банка, PD — вероятность дефолта, LGD — потери при дефолте, EAD — сумма под риском [11]. [8]

Таблица 2
Исходные допущения по типовому проекту КРТ

Показатель	Значение
Реализуемая площадь жилья	110 000 кв. м
Средняя цена реализации	201 954,59 руб./кв. м
Выручка от жилья	22,215 млрд руб.
Прочие поступления	0,600 млрд руб.
Расчетная строительная площадь	135 000 кв. м
Норматив строительной стоимости	113 685 руб./кв. м
Прямые строительные затраты	15,347 млрд руб.
Расселение, снос, внеплощадочная инфраструктура, проектирование и резерв	3,400 млрд руб.
Совокупный CAPEX	18,748 млрд руб.
Коммерческие и административные расходы	5% выручки
Ставка дисконтирования DCF	14%
Ставка старшего проектного финансирования	10,2%
Бюджетный грант в смешанной схеме	1,000 млрд руб.
Инфраструктурный заем/облигации	2,000 млрд руб.

Источник: расчеты автора; цена реализации основана на данных Росстата, строительная норма — на приказе Минстроя, ставка проектного финансирования и контрольные банковские коэффициенты — на данных Банка России [11–13]. [10]

Арифметика проекта показывает, что при официальной средней цене реализации 201 954,59 руб./кв. м денежный поток жилья составляет 22,215 млрд руб. (201 954,59 × 110 000), а прямые строительные затраты при норме 113 685 руб./кв. м и строительной площади 135 тыс. кв. м — 15,347 млрд руб. (113 685 × 135 000). Уже на этой стадии видно, что запас между рыночной выручкой и прямой строительной частью есть, но он недостаточен для безболезненного поглощения всего инфраструктурного контура КРТ. Именно поэтому в реальности вопрос упирается не столько в цену жилья, сколько в то, кто оплачивает «несамофинансируемую» инфраструктуру [12; 13]. [11]

Таблица 3
Результаты расчета и оценка банковских рисков

Показатель	Базовая схема без ГЧП-поддержки	Смешанная схема с грантом и инфраструктурным займом
NPV проекта при 14%	-0,40 млрд руб.	+0,43 млрд руб.
IRR проекта	11,7%	16,7%
Старший банковский долг	12,0 млрд руб.	10,0 млрд руб.
Покрытие долга средствами эскроу	63%	76%
Минимальный DSCR	1,02	1,20
Средний DSCR	1,08	1,30
Минимальный DSCR при росте ставки на 2 п.п.	0,97	1,14
Ожидаемые потери банка EL	0,324 млрд руб.	0,123 млрд руб.

Источник: расчеты автора. Для EL приняты модельные параметры $PD = 6\%$, $LGD = 45\%$, $EAD = 12$ млрд руб. в базовой схеме и $PD = 3{,}5\%$, $LGD = 35\%$, $EAD = 10$ млрд руб. в смешанной схеме; калибровка выполнена с учетом данных Банка России о качестве портфеля и среднем покрытии эскроу [11]. [8]

Полученные результаты принципиальны. В «чисто девелоперской» схеме проект почти не выдерживает нормативного запаса прочности: NPV отрицателен, IRR ниже требуемой доходности капитала, а DSCR в стресс-тесте по ставке падает ниже единицы. Для банка такой объект выглядит погранично приемлемым даже при наличии платежеспособного девелопера. В смешанной схеме ситуация меняется: грант на инфраструктуру и отдельный инфраструктурный заем снижают размер старшего долга, поднимают покрытие эскроу выше среднерыночного уровня 69%, повышают NPV до положительной области и сокращают расчетные ожидаемые потери банка примерно на 62% [11; 15; 16]. [12]

Риск реализации для КРТ остается главным небанковским фактором. В модельном стресс-сценарии рост CAPEX на 10% и сдвиг продаж на два квартала переводят даже смешанную схему в отрицательный NPV и опускают IRR до однозначных значений. Это означает, что периметр публичного участия должен работать не как «премия» девелоперу, а как страховой клапан именно на случай удорожания и инфраструктурных задержек. Иначе КРТ будет финансироваться только в лучших локациях, а не как инструмент системного обновления городской среды [4–6; 11; 17; 18]. [13]

Механизмы ГЧП, практические рекомендации и выводы

С точки зрения структуры сделки наиболее эффективны для КРТ не «чистые» формы ГЧП, а гибридные конструкции. Для внешних сетей, дорог, школ и инженерных объектов рациональны концессия или соглашение о ГЧП с капитальным грантом и последующими бюджетными платежами. Для длинной и капиталоемкой инфраструктуры — инфраструктурные облигации, где льготность обеспечивается федеральной субсидией, а отбор учитывает финансовую устойчивость проекта и его социально-экономический эффект. Для регионов — казначейские инфраструктурные кредиты со ставкой 3% годовых на срок до 15 лет. Для банка-кредитора — проектное финансирование жилой части с контролем строительного цикла, ковенантами по распроданности и прямыми соглашениями на случай перезахода подрядчика или девелопера [2; 3; 15; 16]. [14]

Практически это означает следующее. Во-первых, в инвестиционной модели КРТ следует разделять монетизируемую и немонетизируемую части проекта еще до выхода на банковский кредитный комитет. Жилой корпус и встроенные помещения должны обслуживать коммерческий долг; дороги, школы, сети и переселение должны иметь отдельный публичный платежный источник. Во-вторых, банку целесообразно оценивать КРТ не по обычной модели девелоперского проекта, а по трехконтурной схеме: рыночный контур продаж, инфраструктурный контур публичных обязательств и контур регуляторных сроков. В-третьих, публичной стороне необходимо закреплять финансирование внеплощадочной инфраструктуры в решении о КРТ как можно раньше, поскольку позднее включение бюджета почти всегда означает рост банковского плеча и ухудшение DSCR [4–6; 11; 15; 16]. [15]

Главный вывод состоит в том, что инвестиционная привлекательность КРТ в России до 2025 года нельзя адекватно оценивать по одному только показателю цены жилья. При средней цене первичного рынка около 201,95 тыс. руб. за квадратный метр и даже при относительно дешевой по российским меркам ставке проектного финансирования на уровне 10,2% судьбу проекта решает распределение инфраструктурного бремени. Там, где инфраструктурные расходы остаются внутри девелоперского cash flow, проект быстро становится пограничным по NPV и DSCR. Там, где государство берет на себя часть инфраструктуры через грант, льготный заем, концессию или ГЧП-контур, КРТ превращается в

приемлемый для банка и инвестора продукт. Следовательно, для российского рынка КРТ оптимальна не максимизация приватного финансирования, а настройка смешанных моделей, в которых публичное участие снижает не прибыль инвестора как таковую, а вероятность системного срыва проекта [7–16]. [16]

Ограничения исследования

Модель, приведенная в статье, является типизированной и не претендует на замену банковскому term sheet или инвестиционному меморандуму по конкретной площадке. В открытом доступе отсутствуют унифицированные федеральные данные по полной себестоимости КРТ с разбивкой на расселение, снос, внутриплощадочную и внеплощадочную инфраструктуру, а также по фактическим ставкам всех инфраструктурных займов в разрезе проектов. Поэтому параметры площади, величины гранта, структуры капитала и стресс-сценариев заданы как расчетные допущения; вместе с тем все ключевые рыночные якоря модели — цена жилья, норма строительной стоимости, ставка проектного финансирования, качество банковского портфеля и доступные механизмы публичной поддержки — опираются на последние официальные источники [11–16]. [9]

Литература

1. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2020 № 494-ФЗ // Официальное опубликование правовых актов. URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300039 (дата обращения: 08.05.2026).
2. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ // Официальное опубликование правовых актов. URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201507140006 (дата обращения: 08.05.2026).
3. О концессионных соглашениях: Федеральный закон от 21.07.2005 № 115-ФЗ // Официальный сайт Президента России. URL: https://www.kremlin.ru/acts/bank/22649□turn5search1□ (дата обращения: 08.05.2026).
4. Постановление от 30 ноября 2024 года № 1685. Регионы, реализующие проекты комплексного развития территорий, будут получать субсидии из федерального бюджета // Правительство России. URL: https://government.ru/docs/53734/ (дата обращения: 08.05.2026).
5. Комплексное развитие территорий (КРТ) // Правительство России. 28.02.2025. URL: https://government.ru/news/54378/□□ (дата обращения: 08.05.2026).
6. Марат Хуснуллин: В перечень 37 регионов, которым в 2025–2030 годах планируется направить 120 млрд рублей на реализацию проектов КРТ… // Правительство России. 19.11.2025. URL: https://government.ru/news/56983/ (дата обращения: 08.05.2026).
7. Марат Хуснуллин: Общий градостроительный потенциал проектов КРТ на сегодня составляет порядка 260 млн кв. м // Правительство России. 18.04.2025. URL: https://government.ru/news/54811/ (дата обращения: 08.05.2026).
8. Марат Хуснуллин: По проектам комплексного развития территорий в активной стадии реализации — 204 млн кв. м недвижимости // Правительство России. 30.01.2026. URL: https://government.ru/news/57724(дата обращения: 08.05.2026).
9. В Минэкономразвития определили лидеров по развитию ГЧП среди регионов // Минэкономразвития России. 22.05.2025. URL: https://economy.gov.ru/material/news/v_minekonomrazvitiya_opredelili_liderov_po_razvitiyu_gchp_sredi_regionov.html (дата обращения: 08.05.2026).
10. В Минэкономразвития назвали главные результаты работы механизма ГЧП за три квартала 2025 года // Минэкономразвития России. 17.10.2025. URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/v_minekonomrazvitiya_nazvali_glavnye_rezultaty_raboty_mehanizma_gchp_za_tri_kvartala_2025_goda.html (дата обращения: 08.05.2026).
11. Банк России. О проектном финансировании строительства жилья в IV квартале 2025 года. Март 2026. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/59744/pf_2025_Q4.pdf (дата обращения: 08.05.2026).
12. Ключевая ставка Банка России. История изменений за 2025 год // Банк России. URL: https://cbr.ru/Content/SaveToPdf/Page?url=%2Fhd_base%2FKeyRate%2F%3FUniDbQuery.Posted%3DTrue%26UniDbQuery.From%3D28.04.2025%26UniDbQuery.To%3D06 (дата обращения: 08.05.2026).
13. Средние цены на первичном рынке жилья по субъектам Российской Федерации в 2025 году // Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sred_cen_perv_4kv-2025.xlsx (дата обращения: 08.05.2026).
14. Социально-экономическое положение России. 2025 год // Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/2025/03-06/Tw9R0K2C/Doklad_12-2025/1-0_12-2025.doc (дата обращения: 08.05.2026).
15. Финансирование строительства объектов инфраструктуры // СОПФ.ДОМ.РФ. URL: https://xn--n1aceo.xn--d1aqf.xn--p1ai/Infrastructure_financing (дата обращения: 08.05.2026).
16. Правительство утвердило механизм выдачи казначейских инфраструктурных кредитов до 2030 года // Правительство России. 10.02.2025. URL: https://government.ru/news/54171 (дата обращения: 08.05.2026).
17. Кирсанов А. Р. Комплексное развитие территорий: итоги, проблемы, перспективы [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-razvitie-territoriy-itogi-problemy-perspektivy (дата обращения: 08.05.2026).
18. Родионцев Р. С. Потенциальные возможности и прогноз развития государственно-частного партнерства в жилищном строительстве как механизма повышения финансовой устойчивости проектов [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/potentsialnye-vozmozhnosti-i-prognoz-razvitiya-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva-v-zhilischnom-stroitelstve-kak-mehanizma (дата обращения: 08.05.2026).

Investment attractiveness of krt projects

Komolova A.V., Popov S.E., Dmitriev K.A., Rusanov D.A., Borovykh A.N.
NRU MGSU

JEL classification: D24, D41, D84, D92, O11, O12, O31, O32, O34

The article examines the investment attractiveness of integrated territorial development projects in the Russian Federation, with a focus on financial models, banking risks, and public-private partnership mechanisms. Methodologically, the study is based on a legal analysis of the current legislation governing integrated territorial development (ITD), concessions, and public-private partnerships (PPP), as well as a comparison of official statistical and analytical materials from the Ministry of Construction of the Russian Federation, the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, the Central Bank of Russia, Rosstat, and the infrastructure bond operator. Based on a standard ITD project, a financial model was developed including the assessment of NPV, IRR, DSCR, expected credit losses, and sensitivity to interest rate growth and construction cost escalation. The study demonstrates that when the entire infrastructure burden remains within the developer's perimeter, the project becomes weakly bankable, whereas budget grants, preferential infrastructure loans, and the distribution of obligations for off-site infrastructure development improve NPV, enhance DSCR, and reduce the bank's expected losses. It is concluded that for the Russian ITD market, the decisive factor is not the maximization of financial leverage, but rather the institutionally formalized decomposition of infrastructure risk among the developer, the bank, and the public sector [1–16]. [2]

Keywords: integrated territorial development, ITD, project financing, public-private partnership, concession, banking risk, DCF, NPV, IRR, DSCR, infrastructure bonds, infrastructure loans.

References

1. On Amendments to the Urban Development Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law of 30.12.2020 No. 494-FZ // Official publication of legal acts. URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300039 (accessed: 08.05.2026).
2. On Public-Private Partnership, Municipal-Private Partnership in the Russian Federation and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law of 13.07.2015 No. 224-FZ // Official publication of legal acts. URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201507140006 (accessed: 08.05.2026).
3. On concession agreements: Federal Law of 21.07.2005 No. 115-FZ // Official website of the President of Russia. URL: https://www.kremlin.ru/acts/bank/22649□turn5search1□ (accessed: 08.05.2026).
4. Resolution of 30 November 2024 No. 1685. Regions implementing integrated territorial development projects will receive subsidies from the federal budget // Government of Russia. URL: https://government.ru/docs/53734/ (accessed: 08.05.2026).
5. Integrated Development of Territories (IDT) // Government of the Russian Federation. 28.02.2025. URL: https://government.ru/news/54378/□□ (date of access: 08.05.2026).
6. Marat Khusnullin: The list of 37 regions to which 120 billion rubles are planned to be allocated in 2025–2030 for the implementation of IDT projects… // Government of the Russian Federation. 19.11.2025. URL: https://government.ru/news/56983/ (date of access: 08.05.2026).
7. Marat Khusnullin: The total urban development potential of IDT projects today is approximately 260 million square meters // Government of the Russian Federation. 18.04.2025. URL: https://government.ru/news/54811/ (accessed: 08.05.2026).
8. Marat Khusnullin: 204 million square meters of real estate are in the active stage of implementation for integrated territorial development projects // Government of the Russian Federation. 30.01.2026. URL: https://government.ru/news/57724 (accessed: 08.05.2026).

Нормативно-институциональные условия цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса на основе BIM/ТИМ

Малахов Роман Владимирович
аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, lootos41@gmail.com

В статье рассматриваются нормативно-институциональные условия цифровизации взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса. Обосновано, что российская модель регулирования технологий информационного моделирования формирует правовую основу для создания и ведения информационной модели объекта капитального строительства, однако преимущественно ориентирована на информационно-документационный аспект ТИМ. При этом недостаточно раскрыты вопросы организационно-экономического взаимодействия участников проекта: автоматизированное согласование изменений, распределение ролей и ответственности, электронное подписание документации, защищенный обмен коммерческой информацией, подтверждение этапов работ и связь цифровой модели с расчетными процедурами. В качестве зарубежного ориентира рассмотрен опыт Великобритании, где BIM был внедрен через государственный мандат для централизованно закупаемых государственных строительных проектов. Показано, что по результатам оценки PwC/CDBB количественно измеренные выгоды BIM Level 2 на стадиях проектирования, строительства, ввода и передачи объекта составили 0,7-1,4% капитальных затрат. Данный диапазон предложено использовать как расчетную ставку, подтверждающую возможность получения измеримого экономического эффекта при централизованном внедрении BIM в капитальное строительство.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный процесс, BIM, ТИМ, информационная модель, цифровое взаимодействие, капитальное строительство, государственный заказ, нормативное регулирование, расчетная ставка, экономический эффект.

Введение

Цифровая трансформация строительной отрасли является одним из направлений повышения эффективности инвестиционно-строительной деятельности. Особенность инвестиционно-строительного процесса заключается в том, что он объединяет значительное число участников: заказчика, технического заказчика, проектировщика, генерального подрядчика, субподрядчиков, поставщиков, экспертные, разрешительные и надзорные органы. В таких условиях результативность проекта определяется не только качеством проектных и строительных решений, но и способом организации взаимодействия между участниками.

В традиционной модели инвестиционно-строительного процесса значительная часть взаимодействия строится на последовательном согласовании документов, обмене файлами, ведении журналов замечаний, повторных итерациях проектной документации и ручном контроле исполнения. Это приводит к росту трансакционных издержек, увеличению сроков согласования, рискам использования неактуальных версий документации и снижению прозрачности ответственности участников. В научной литературе цифровизация строительства рассматривается не только как внедрение отдельных программных продуктов, но и как изменение организационно-экономических условий реализации инвестиционно-строительных проектов [14; 15].

В Российской Федерации цифровизация строительной отрасли нормативно развивается прежде всего через технологии информационного моделирования. Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 установило случаи, при которых обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства [8]. Постановление Правительства РФ от 17.05.2024 № 614 закрепило правила формирования и ведения информационной модели, состав сведений, документов и материалов, включаемых в нее, а также требования к электронным форматам [9].

Вместе с тем наличие нормативного регулирования ТИМ еще не означает формирования целостного организационно-экономического механизма цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса. Действующие нормы в большей степени регулируют информационную модель как объект данных, тогда как порядок цифровой координации участников, автоматизированного согласования изменений, электронного подписания и связи модели с расчетными процедурами остается недостаточно развитым.

Цель статьи состоит в выявлении нормативно-институциональных ограничений действующей модели регулирования ТИМ в Российской Федерации и обосновании необходимости развития цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса с учетом зарубежного опыта централизованного внедрения BIM.

Научная новизна статьи заключается в обосновании нормативно-институционального разрыва между регулированием информационной модели объекта капитального строительства и необходимостью формирования единой цифровой среды организационно-экономического взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса. Дополнительно предложено использовать расчетную ставку 0,7-1,4% капитальных затрат, полученную по результатам оценки BIM Level 2 в Великобритании, как доказательный бенчмарк измеримого эффекта централизованного BIM-внедрения в государственном капитальном строительстве.

Материалы и методы исследования

Методическую основу исследования составили нормативно-правовой анализ, сравнительный анализ, систематизация, логическое обобщение и элементы бенчмаркинга. Нормативно-правовой анализ применен для оценки действующей российской базы регулирования ТИМ и смежных институтов цифрового взаимодействия: электронной подписи, защиты информации, коммерческой тайны и закупочных процедур.

Сравнительный анализ использован для сопоставления российской модели ТИМ и британского BIM-мандата, закрепленного в Government Construction Strategy 2011 и развитого в Government Construction Strategy 2016-2020 [10; 11]. Бенчмаркинг применен при интерпретации расчетной ставки экономического эффекта BIM Level 2, представленной в отчете PwC/CDBB по публичным капитальным активам Великобритании [12].

Информационную базу исследования составили положения Градостроительного кодекса РФ, федеральных законов № 44-ФЗ, № 223-ФЗ, № 63-ФЗ, № 98-ФЗ, № 149-ФЗ, Указа Президента РФ № 309, постановлений Правительства РФ № 331 и № 614, а также официальные документы Правительства Великобритании и отчетные материалы PwC/CDBB по оценке выгод BIM Level 2.

1. Нормативное закрепление ТИМ в Российской Федерации

В российской практике технологии информационного моделирования получили нормативное закрепление через категорию информационной модели объекта капитального строительства. Такая модель рассматривается как совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронной форме на различных стадиях жизненного цикла объекта.

Постановление Правительства РФ № 331 стало одним из ключевых документов, определивших случаи обязательного формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства. Постановление Правительства РФ № 614 конкретизировало порядок формирования и ведения информационной модели, состав включаемых сведений, документов и материалов, а также требования к форматам электронных документов [8; 9].

Указанные нормативные акты являются важным этапом цифровизации строительной отрасли. Они создают правовую основу для перехода от разрозненного документооборота к структурированному представлению информации об объекте капитального строительства. Однако по своей направленности действующее регулирование преимущественно отвечает на вопрос, какие сведения и документы должны входить в информационную модель, но не в полной мере раскрывает вопрос, как через эту модель должно быть организовано взаимодействие участников инвестиционно-строительного процесса.

Следовательно, ТИМ в российском регулировании можно рассматривать как нормативно адаптированную форму информационного моделирования в строительстве. Однако действующая модель регулирования пока не обеспечивает полноценного перехода от информационной модели как совокупности данных к единой цифровой среде организационно-экономического взаимодействия участников проекта.

2. Ограничения действующей нормативной модели цифрового взаимодействия

Основное ограничение действующей модели заключается в том, что регулирование ТИМ преимущественно ориентировано на информационно-документационную сторону цифровизации. Оно закрепляет состав данных, электронные форматы и порядок ведения модели, но недостаточно раскрывает организационно-экономические процессы, возникающие между участниками инвестиционно-строительного проекта.

К числу таких процессов относятся распределение ролей и прав доступа участников; автоматизированное направление изменений на согласование; электронное подписание проектной и исполнительной документации; защищенный обмен коммерческой и конфиденциальной информацией; фиксация замечаний и статусов их устранения; подтверждение контрольных точек проекта; инициирование расчетных процедур после подтверждения этапов работ; взаимодействие внутреннего BIM/ТИМ-контура проекта с внешним контуром государственных согласований.

Правовую основу отдельных элементов цифрового взаимодействия уже формируют специальные федеральные законы. Федеральный закон № 63-ФЗ регулирует применение электронной подписи, Федеральный закон № 98-ФЗ - отношения, связанные с режимом коммерческой тайны, Федеральный закон № 149-ФЗ - отношения в сфере информации, информационных технологий и защиты информации [4-6]. Однако данные акты имеют общий характер и не образуют специального регламента цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса внутри единой BIM/ТИМ-среды.

Отдельное значение имеет закупочная стадия. Федеральные законы № 44-ФЗ и № 223-ФЗ регулируют закупки для государственных, муниципальных и отдельных корпоративных заказчиков [2; 3]. Однако включение требований к BIM/ТИМ в закупочную документацию зависит от формулировок заказчика. Если требование к информационному моделированию не установлено на стадии технического задания, цифровая модель может остаться лишь инструментом проектировщика, а не стать основой последующего взаимодействия участников на стадиях строительства, контроля и ввода объекта.

Таким образом, ключевая проблема состоит не в отсутствии нормативной базы цифровизации строительства, а в ее фрагментарности применительно к организационно-экономическому взаимодействию участников инвестиционно-строительного процесса. Наличие информационной модели не равно наличию единой цифровой среды взаимодействия, если не определены правила доступа, согласования, подписания, фиксации ответственности и инициирования расчетных процедур.

Таблица 1

Ограничения действующей модели нормативного регулирования цифрового взаимодействия участников ИСП

Элемент взаимодействия	Нормативная основа	Недостаточно раскрытый аспект
Формирование информационной модели	Постановления № 331 и № 614	Использование модели как среды взаимодействия участников
Электронные документы и форматы	Постановление № 614	Автоматизированная маршрутизация изменений и замечаний
Электронная подпись	Федеральный закон № 63-ФЗ	Подписание документации внутри единой BIM/ТИМ-среды
Коммерческая тайна	Федеральный закон № 98-ФЗ	Защищенный обмен коммерческой информацией между участниками проекта
Закупочная стадия	Федеральные законы № 44-ФЗ и № 223-ФЗ	Обязательное включение BIM/ТИМ-требований в техническое задание
Контроль этапов	Договорные и актовые процедуры	Связь цифрового подтверждения этапа с расчетами
Государственные согласования	ГИС и электронный межведомственный обмен	Сопряжение внутреннего BIM-контура и внешнего защищенного контура согласований

3. Опыт Великобритании: BIM как централизованная система государственного капитального строительства

Для оценки направлений развития российской модели регулирования представляет интерес опыт Великобритании. Его значение состоит не в прямом заимствовании правовых норм, а в демонстрации институционального принципа: BIM должен внедряться не только как технология проектирования, но и как централизованная система управления информацией в государственных строительных проектах.

В Government Construction Strategy 2011 Великобритания поставила задачу снижения стоимости государственных строительных проектов на 15-20% к концу парламентского срока. Эта цель относилась ко всему комплексу реформ государственного строительного заказа, включая совершенствование закупок, повышение координации, изменение отношений с поставщиками, развитие цифровых инструментов и стандартизацию данных [10].

В той же стратегии было установлено введение поэтапной программы обязательного применения fully collaborative BIM для государственных проектов к 2016 году [10]. Это означало, что BIM рассматривался не только как инструмент создания 3D-модели, но и как обязательный способ организации проектной, строительной и эксплуатационной информации в государственных проектах.

В Government Construction Strategy 2016-2020 было уточнено, что в рамках стратегии 2011-2015 правительство установило требование fully collaborative 3D BIM для централизованно закупаемых государственных строительных проектов к 2016 году, а BIM Level 2 был разработан для выполнения данного мандата [11]. Следовательно, британская модель демонстрирует более высокий уровень институционального внедрения BIM: цифровое моделирование было связано не только с техническими стандартами, но и с государственным заказом, закупочными требованиями, управлением информацией и едиными правилами взаимодействия участников проекта.

4. Расчетная ставка экономического эффекта BIM Level 2 как доказательный бенчмарк успешного внедрения

Наиболее значимым источником для количественного подтверждения эффективности централизованного BIM-внедрения является отчет PwC/CDBB «BIM Level 2 Benefits Measurement: Application of PwC's BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology to Public Sector Capital Assets». В указанном отчете была применена методика оценки выгод BIM Level 2 на публичных капитальных активах Великобритании [12].

В отчете были рассмотрены два публичных объекта: офисная реконструкция Department of Health на 39 Victoria Street в Лондоне и модернизация Environment Agency Foss Barrier в Йорке. По результатам оценки совокупные количественно измеренные выгоды BIM Level 2 составили 1,5% и 3,0% затрат жизненного цикла. При этом по стадиям проектирования, строительства, ввода и передачи объекта были рассчитаны выгоды в размере 0,7% и 1,4% капитальных затрат соответственно [12].

Именно диапазон 0,7-1,4% капитальных затрат целесообразно рассматривать как расчетную ставку, подтверждающую возможность получения измеримого экономического эффекта от централизованного внедрения BIM в капитальное строительство. В общем виде указанная расчетная ставка может быть представлена как доля капитальных затрат, экономический эффект по которой определяется произведением объема капитальных затрат на ставку эффекта BIM Level 2: E = CAPEX x r, где r находится в диапазоне от 0,007 до 0,014.

Таблица 2

Расчетная ставка экономического эффекта BI Level 2 по данным PwC/CDBB

Показатель	Значение
Количественно оцененные выгоды BIM Level 2 по затратам жизненного цикла	1,5-3,0%
Количественно оцененные выгоды на стадиях design, build and commission, handover	0,7-1,4% капитальных затрат
Масштаб публичных инфраструктурных расходов, использованный в отчете как ориентир	£31,7 млрд
Потенциальная экономия при распространении эффекта 0,7-1,4% на этот объем расходов	£226-429 млн
Интерпретация для настоящего исследования	Доказательный зарубежный бенчмарк измеримого эффекта централизованного BIM-внедрения

В отчете PwC/CDBB подчеркивается, что если бы уровень экономии 0,7-1,4% капитальных затрат был достигнут применительно к прогнозируемым публичным инфраструктурным расходам в размере £31,7 млрд, это могло бы дать экономию для налогоплательщиков в размере £226-429 млн в ценах 2017 года [12]. Важно, что речь идет не о декларативной оценке, а о применении специальной методики расчета выгод к публичным капитальным активам.

Для целей настоящего исследования данный показатель важен по трем причинам. Во-первых, он отражает не абстрактное ожидание, а результат применения специальной методики оценки BIM Level 2 к публичным капитальным активам. Во-вторых, ставка 0,7-1,4% капитальных затрат относится именно к стадиям проектирования, строительства, ввода и передачи объекта, то есть к тем стадиям, которые непосредственно связаны с инвестиционно-строительным процессом. В-третьих, данный диапазон показывает, что даже относительно небольшая процентная экономия в капитальном строительстве может давать значительный абсолютный эффект при применении BIM на уровне портфеля государственных проектов.

Указанную расчетную ставку нельзя механически переносить на российские проекты без учета различий в нормативной среде, уровне цифровой зрелости, структуре строительного рынка и организации государственного заказа. Вместе с тем она может использоваться как доказательный зарубежный ориентир, подтверждающий, что централизованное внедрение BIM в капитальное строительство способно формировать измеримый экономический эффект.

5. Значение британского опыта для развития российской модели ТИМ

Сравнение российской и британской моделей показывает различие в акцентах. Российское регулирование ТИМ преимущественно закрепляет порядок формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства. Британская модель BIM-мандата была ориентирована на централизованное применение BIM в государственных строительных проектах, то есть на изменение способа организации проектной и строительной информации в системе государственного заказа.

Таблица 3

Сопоставление российской модели ТИМ и британского BI -мандата

Критерий	Российская модель ТИМ	Британская модель BIM-мандата
Основной объект регулирования	Информационная модель объекта капитального строительства	Цифровой способ организации информации в государственных строительных проектах
Основной акцент	Состав сведений, документов, материалов и электронных форматов	Обязательное применение BIM в централизованно закупаемых государственных проектах
Связь с закупочной стадией	Зависит от требований заказчика	BIM задается как требование государственного строительного заказа
Организационный эффект	Формируется потенциально и требует специальных регламентов	Встроен в систему государственного заказа и проектного взаимодействия
Наличие количественного бенчмарка	Требует дальнейшей оценки и апробации	0,7-1,4% капитальных затрат по оценке BIM Level 2

Для Российской Федерации принципиальное значение имеет не копирование британской модели, а использование ее институционального принципа: требования к информационному моделированию должны задаваться на ранней стадии проекта, прежде всего через техническое задание и закупочную документацию.

Если BIM/ТИМ-требования формулируются только как обязанность подготовить информационную модель, цифровизация ограничивается проектно-документационным уровнем. Если же требования включают порядок использования модели на стадиях согласования, строительства, контроля, электронного подписания и подтверждения этапов, информационная модель становится ядром организационно-экономического взаимодействия участников проекта.

6. Направления развития нормативно-институциональных условий цифрового взаимодействия участников ИСП

С учетом проведенного анализа развитие российской модели ТИМ должно быть направлено не только на совершенствование состава информационной модели, но и на формирование нормативно-институциональных условий цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса.

Первое направление - закрепление BIM/ТИМ-требований на стадии закупки. Для инвестиционно-строительных проектов с участием бюджетных средств заказчик должен указывать в техническом задании требования к применению информационного моделирования, структуре модели, форматам данных, порядку актуализации и дальнейшему использованию модели в цифровой среде проекта.

Второе направление - регламентация цифрового согласования изменений. Информационная модель должна использоваться как среда фиксации замечаний, статусов, ответственных лиц, сроков устранения и результатов повторного согласования. Это позволит сократить количество параллельных файлов, устаревших версий проектной документации и ручных журналов замечаний.

Третье направление - развитие электронного подписания внутри цифровой среды проекта. Электронная подпись уже имеет правовую основу, однако применительно к инвестиционно-строительному процессу необходимо определить порядок подписания проектной, исполнительной и согласовательной документации внутри единого цифрового контура.

Четвертое направление - создание защищенного контура обмена коммерческой и конфиденциальной информацией. Это особенно важно для сметных данных, коммерческих предложений, договорных условий, спецификаций, графиков поставок и иной информации, имеющей экономическую ценность для участников проекта.

Пятое направление - увязка информационной модели с контрольными точками проекта и расчетными процедурами. Речь должна идти не о безусловной автоматической оплате, а об автоматизированном инициировании расчетной процедуры после подтверждения выполненного этапа уполномоченными участниками и подписания необходимых документов электронной подписью.

Шестое направление - разделение внутреннего BIM/ТИМ-контура проекта и внешнего защищенного контура государственных согласований. Внешние органы не обязательно должны иметь прямой доступ к внутренней цифровой среде заказчика. Более обоснованным является обмен через государственные информационные системы, установленные форматы и защищенные каналы передачи сведений.

Данное направление соответствует общей государственной логике цифровой трансформации. Указ Президента РФ № 309 закрепляет цифровую трансформацию государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы в числе национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года [7].

Обсуждение результатов

Проведенный анализ показывает, что действующая нормативная база Российской Федерации создает предпосылки для цифровизации строительной отрасли, но пока не формирует целостный механизм цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса. Возникает нормативно-институциональный разрыв между регулированием информационной модели объекта капитального строительства и регулированием организационно-экономических отношений участников проекта в единой цифровой среде.

Указанный разрыв проявляется в том, что порядок формирования и ведения информационной модели закреплен нормативно, но цифровая маршрутизация изменений, фиксация ответственности, защищенный обмен коммерческой информацией, электронное подтверждение этапов и

связь модели с расчетными процедурами остаются преимущественно на уровне договорных и организационных решений конкретного заказчика.

Опыт Великобритании показывает, что эффект BIM возникает не только за счет 3D-моделирования, но и за счет институционального закрепления цифрового способа работы в государственном строительном заказе. Поэтому расчетная ставка 0,7-1,4% капитальных затрат должна рассматриваться не как универсальная норма экономии, а как эмпирически подтвержденный ориентир, демонстрирующий измеримость эффекта от централизованного BIM-внедрения.

Для российской практики это означает необходимость перехода от понимания ТИМ как технического элемента проектирования к пониманию BIM/ТИМ как основы цифровой координации участников инвестиционно-строительного процесса. Такой переход требует включения требований к цифровому взаимодействию уже на стадии закупки, технического задания и заключения договоров.

Заключение

В результате исследования установлено, что российская нормативная база в сфере ТИМ создает важные предпосылки для цифровизации строительства, однако пока преимущественно регулирует информационно-документационный аспект формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства. Организационно-экономические вопросы цифрового взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса остаются раскрытыми не в полной мере.

К числу таких вопросов относятся автоматизированное согласование изменений, распределение ролей и ответственности, электронное подписание документации, защищенный обмен коммерческой информацией, подтверждение контрольных точек и связь информационной модели с расчетными процедурами.

Опыт Великобритании показывает, что BIM может быть эффективно внедрен как централизованная система государственного капитального строительства, если требования к нему закрепляются не только на уровне технических стандартов, но и через государственный строительный заказ. Количественная оценка BIM Level 2, выполненная PwC/CDBB, показывает, что на стадиях проектирования, строительства, ввода и передачи объекта выгоды составили 0,7-1,4% капитальных затрат. Этот диапазон может рассматриваться как расчетная ставка, подтверждающая наличие измеримого экономического эффекта от централизованного внедрения BIM в капитальное строительство.

Для Российской Федерации данный опыт означает необходимость перехода от регулирования информационной модели как набора данных к регулированию единой цифровой среды взаимодействия участников проекта. Такая среда должна объединять информационное моделирование, электронное подписание, защищенный обмен данными, цифровое согласование изменений, контрольные точки проекта и автоматизированное инициирование расчетных процедур.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2005. № 1. Ст. 16.
2. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2013. № 14. Ст. 1652.
3. Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2011. № 30. Ст. 4571.
4. Федеральный закон от 06.04.2011 № 63-ФЗ «Об электронной подписи» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2011. № 15. Ст. 2036.
5. Федеральный закон от 29.07.2004 № 98-ФЗ «О коммерческой тайне» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2004. № 32. Ст. 3283.
6. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2006. № 31. Ст. 3448.
7. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015 (дата обращения: 18.05.2026).
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случаев, при которых ... обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202103100026 (дата обращения: 18.05.2026).
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства...» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405170050 (дата обращения: 18.05.2026).
10. Government Construction Strategy. London: Cabinet Office, 2011. URL: https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy (accessed: 18.05.2026).
11. Government Construction Strategy 2016-2020. London: Infrastructure and Projects Authority, 2016. URL: https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020 (accessed: 18.05.2026).
12. BIM Level 2 Benefits Measurement: Application of PwC's BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology to Public Sector Capital Assets. London: PwC, 2018. URL: https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/pwc_bmm_application_report_180607_final.pdf (accessed: 18.05.2026).
13. BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology. London: PwC, 2018. URL: https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/3._pwc_benefits_measurement_methodology.pdf (accessed: 18.05.2026).
14. Уварова С. С., Паненков А. А., Сонин Я. Л. Цифровизация строительства в проекции теории организационно-экономических изменений // Экономика строительства. 2020. № 1 (61). С. 31-39. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelstva-v-proektsii-teorii-organizatsionno-ekonomicheskih-izmeneniy/viewer
15. Чурбанов А. Е., Шамара Ю. А. Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С. 824-835. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.824-835. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-na-razvitie-investitsionno-stroitelnogo-protsessa/viewer
16. Половникова Н. А. Роль трансакционных издержек при взаимодействии участников инвестиционно-строительного комплекса // Проблемы современной экономики. 2012. № 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-transaktsionnyh-izderzhek-pri-vzaimodeystvii-uchastnikov-investitsionno-stroitelnogo-kompleksa/viewer
17. Козаков Р. Р., Кощеев В. А. Распределение трансакционных издержек в инвестиционно-строительной сфере Российской Федерации // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 11. С. 1821-1835. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1821-1835. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelenie-transaktsionnyh-izderzhek-v-investitsionno-stroitelnoy-sfere-rossiyskoy-federatsii/viewer

Regulatory and institutional conditions for digital interaction between participants in the investment and construction process based on bim/tim

Malakhov R.V.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, □20

The article examines regulatory and institutional conditions for digitalizing interaction between participants in the investment and construction process. It is substantiated that the Russian regulation of information modeling technologies creates a legal basis for forming and maintaining an information model of a capital construction object, but is mainly focused on the information and documentation aspect of TIM. At the same time, organizational and economic issues remain insufficiently regulated: automated approval of changes, allocation of roles and responsibilities, electronic signing of documents, protected exchange of commercial information, confirmation of project milestones and connection of the digital model with payment procedures. As an international benchmark, the article considers the United Kingdom experience, where BIM was introduced through a government mandate for centrally procured public construction projects. According to PwC/CDBB assessment, quantified BIM Level 2 benefits at the design, build and commission, and handover phases amounted to 0.7-1.4% of capital expenditure. This range is proposed as a benchmark rate confirming the possibility of obtaining measurable economic effects from centralized BIM implementation in capital construction.

Keywords: investment and construction process, BIM, TIM, information model, digital interaction, capital construction, public procurement, regulation, benchmark rate, economic effect.

References

1. Urban Development Code of the Russian Federation of 29.12.2004 No. 190-FZ // Collected Legislation of the Russian Federation. 2005. No. 1. Art. 16.
2. Federal Law of 05.04.2013 No. 44-FZ "On the Contract System in the Sphere of Procurement of Goods, Works, and Services for Ensuring National and Municipal Needs" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2013. No. 14. Art. 1652.

3. Federal Law of 18.07.2011 No. 223-FZ "On the Procurement of Goods, Works, and Services by Certain Types of Legal Entities" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2011. No. 30. Art. 4571.
4. Federal Law of 06.04.2011 No. 63-FZ "On Electronic Signature" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2011. No. 15. Art. 2036.
5. Federal Law of 29.07.2004 No. 98-FZ "On Commercial Secrets" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2004. No. 32. Art. 3283.
6. Federal Law of 27.07.2006 No. 149-FZ "On Information, Information Technologies and Information Protection" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2006. No. 31. Art. 3448.
7. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2024 No. 309 "On the National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and for the Future Up to 2036" // Official Internet Portal of Legal Information. URL: https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015 (accessed: May 18, 2026).
8. Resolution of the Government of the Russian Federation of March 5, 2021 No. 331 "On Establishing Cases in Which ... the Formation and Maintenance of an Information Model of a Capital Construction Project Are Ensured" // Official Internet Portal of Legal Information. URL: https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202103100026 (accessed: May 18, 2026).
9. Resolution of the Government of the Russian Federation of 17.05.2024 No. 614 "On Approval of the Rules for the Formation and Maintenance of an Information Model of a Capital Construction Project..." // Official Internet Portal of Legal Information. URL: https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405170050 (accessed: 18.05.2026).
10. Government Construction Strategy. London: Cabinet Office, 2011. URL: https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy (accessed: 18.05.2026).
11. Government Construction Strategy 2016-2020. London: Infrastructure and Projects Authority, 2016. URL: https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020 (accessed: 05/18/2026).
12. BIM Level 2 Benefits Measurement: Application of PwC's BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology to Public Sector Capital Assets. London: PwC, 2018. URL: https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/pwc_bmm_application_report_180607_final.pdf (accessed: 05/18/2026).
13. BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology. London: PwC, 2018. URL: https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/3._pwc_benefits_measurement_methodology.pdf (accessed: 18.05.2026).
14. Uvarova S. S., Panenkov A. A., Sonin Ya. L. Digitalization of Construction in the Projection of the Theory of Organizational and Economic Changes // Construction Economics. 2020. No. 1 (61). pp. 31-39. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelstva-v-proektsii-teorii-organizatsionno-ekonomicheskih-izmeneniy/viewer
15. Churbanov A. E., Shamara Yu. A. The Impact of Information Modeling Technology on the Development of the Investment and Construction Process // Bulletin of MGSU. 2018. Vol. 13. Issue 7 (118). Pp. 824-835. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.824-835.
URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-na-razvitie-investitsionno-stroitelnogo-protsessa/viewer
16. Polovnikova N. A. The Role of Transaction Costs in the Interaction of Participants in the Investment and Construction Complex // Problems of Contemporary Economy. 2012. No. 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-transaktsionnyh-izderzhek-pri-vzaimodeystvii-uchastnikov-investitsionno-stroitelnogo-kompleksa/viewer
17. Kozakov R. R., Koshcheev V. A. Distribution of transaction costs in the investment and construction sphere of the Russian Federation // Bulletin of MGSU. 2023. Vol. 18. Issue. 11. Pp. 1821-1835. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1821-1835. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelenie-transaktsionnyh-izderzhek-v-investitsionno-stroitelnoy-sfere-rossiyskoy-federatsii/viewer

Оптимизация инвестиционных затрат в дорожном строительстве на основе точных инженерно-геологических данных

Николаева Гамилия Олеговна
старший преподаватель, кафедра «Автомобильные дороги и аэродромы», Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, gamiliya@mail.ru,

Уваров Эрнест Владиславович
студент, кафедра «Автомобильные дороги и аэродромы», автодорожный факультет, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, uvarovev135@mail.ru

В статье рассмотрено влияние точности инженерно-геологических изысканий на экономическую эффективность проектирования автомобильных дорог в условиях распространения пучинистых грунтов. Показано, что достоверное определение инженерно-геологических характеристик основания позволяет минимизировать риски принятия избыточных либо недостаточно эффективных проектных решений, включая необоснованную замену грунтов, завышение объемов земляных работ и применение чрезмерных защитных мероприятий. Предложен подход к оценке экономического эффекта от корректного проектирования, основанный на сопоставлении предотвращенного ущерба и затрат на противопучинистые мероприятия. Установлено, что инвестиции в точные инженерные изыскания и локальные методы стабилизации грунтов обеспечивают снижение эксплуатационных расходов, сокращение внеплановых ремонтов и повышение надежности дорожной инфраструктуры. Обосновано, что дополнительные затраты на качественную геологическую диагностику, как правило, окупаются на ранних стадиях жизненного цикла автомобильной дороги.

Ключевые слова: автомобильные дороги, пучинистые грунты, земляное полотно, дорожная одежда, противопучинистые мероприятия, эксплуатационные затраты.

Развитие транспортной инфраструктуры является одним из ключевых факторов экономического роста, пространственной связанности территорий и повышения эффективности логистических процессов. В этих условиях особую значимость приобретает обеспечение надежности и долговечности автомобильных дорог, поскольку преждевременное разрушение дорожных конструкций приводит к существенному увеличению бюджетных расходов, снижению транспортной доступности и росту эксплуатационных затрат пользователей автомобильных дорог.

Одной из наиболее распространённых причин деформаций и повреждений дорожных конструкций в регионах с сезонным промерзанием и оттаиванием грунтов является морозное пучение. Пучинистые грунты, изменяющие свои физико-механические свойства при воздействии отрицательных температур, способны вызывать неравномерные поднятия земляного полотна, образование трещин, просадок и колейности, что существенно сокращает срок службы дорожной одежды и требует проведения внеплановых ремонтных мероприятий.

На практике проектирование автомобильных дорог нередко сопровождается использованием укрупнённых инженерно-геологических оценок, недостаточным объемом полевых исследований либо применением усреднённых характеристик грунтов. Подобный подход увеличивает вероятность принятия технически необоснованных решений: от недостаточной инженерной защиты основания до чрезмерно затратных мероприятий, включая полную замену грунтов на значительную глубину, завышенные объемы дренажных систем и необоснованное применение инертных материалов. Следствием становятся либо ускоренное разрушение дорожной конструкции, либо избыточное увеличение капитальных затрат.

В этой связи особую актуальность приобретает вопрос повышения точности инженерно-геологических изысканий как инструмента оптимизации проектных решений и минимизации инфраструктурных рисков. Получение достоверной информации о составе, влажности, степени пучинистости и несущей способности грунтов позволяет переходить от консервативных проектных подходов к экономически обоснованным инженерным решениям, обеспечивающим баланс между стоимостью строительства и эксплуатационной надежностью объекта.

Научная и практическая значимость исследования заключается в обосновании экономического эффекта от точных инженерно-геологических изысканий и корректного выбора противопучинистых мероприятий при проектировании автомобильных дорог. В статье рассматривается возможность оценки предотвращённого ущерба, снижения эксплуатационных расходов и определения сроков окупаемости дополнительных затрат на качественную геологическую диагностику и локальные инженерные решения.

Цель исследования - оценка экономической эффективности точных инженерно-геологических изысканий при проектировании автомобильных дорог в условиях распространения пучинистых грунтов, а также определение их влияния на снижение затрат жизненного цикла дорожной инфраструктуры.

Задачи исследования:

1. Проанализировать влияние точности инженерно-геологических данных на качество проектных решений в дорожном строительстве.

2. Оценить экономические последствия ошибок при определении степени пучинистости грунтов.

3. Разработать подход к расчету экономического эффекта от корректного выбора противопучинистых мероприятий.

4. Определить сроки окупаемости дополнительных затрат на детальные инженерно-геологические изыскания.

Экономическое обоснование определения степени пучинистости грунтов в дорожном строительстве - это поиск баланса между стоимостью инженерных изысканий и затратами на устранение деформаций. Точный расчет окупаемости доказывает, что затраты на изыскания окупаются многократно за счет предотвращения масштабных ремонтов покрытия [1].

Обеспечение устойчивости инженерных сооружений на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах – одна из сложных задач на сегодняшний день. Исследованию пучинистых грунтов уделялось большое внимание, но в основном изучались вертикальные силы морозного пучения и деформации в этом направлении применительно к фундаментам мелкого заложения. В районах распространения сезоннопромерзающих и многолетнемерзлых пород, одним из криогенных процессов является пучение.

Определение деформаций сил пучения является важной практической и теоретической задачей.

Из-за нехватки местных стабильных дорожно-строительных материалов при возведении земляного полотна автомобильных дорог часто используются пучинистые грунты. Поэтому обеспечение морозоустойчивости дорожной конструкции является важной задачей, решаемой при проектировании и строительстве дорог. Одним из аспектов решения этой задачи является определение характеристик морозного пучения.

Цель работы – установить зависимости деформаций и сил пучения при промерзании в закрытой системе, характерных для этого района покровных образований: суглинка и супеси. Сопоставить значения деформаций пучения и осадок при оттаивании.

Таблица 1

Группы грунтов по степени пучинистости

Грунт	Группа
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	I
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %; супесь легкая крупная	II
Супесь легкая; суглинок легкий и тяжелый; глины	III
Песок пылеватый; супесь пылеватая; суглинок тяжелый пылеватый	IV
Супесь тяжелая пылеватая; суглинок легкий пылеватый	V

Лабораторные исследования проводились на искусственно приготовленных образцах суглинка и супеси, отобранных из центральной части Якутии. Центральная Якутия находится в области непрерывной криолитозоны. Соответственно грунты подвержены сезонному промерзанию и оттаиванию. Глубина сезонного оттаивания на отдельных участках Центральной Якутии может достигать 2,6 м.

Основными криогенными процессами, формирующими напряженно- деформированное состояние являются:

1) фазовое превращение воды в лед, сопровождаемое увеличением ее объема ~ на 9%;

2) криогенная миграция воды к фронту промерзания в мелкодисперсных грунтах и обезвоживание нижележащих горизонтов;

3) напорная миграция воды и грунтовой массы, вызванная отжатием из локально промерзающих участков в менее напряженные талые зоны;

4) температурное сокращение всех компонентов промерзающего грунта.

Точные инженерно-геологические данные позволяют избежать избыточных проектных решений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. В частности, снижается вероятность применения чрезмерно затратных мероприятий, таких как полная замена грунта на песчаный материал на значительную глубину без достаточного инженерного обоснования. Это способствует оптимизации капитальных затрат, рациональному распределению инвестиционных ресурсов и повышению эффективности реализации инженерных мероприятий.

Особую экономическую значимость представляет корректное определение степени пучинистости грунтов. Ошибки в оценке морозного пучения могут приводить либо к недооценке рисков и последующим деформациям дорожной одежды, либо к необоснованному удорожанию строительства вследствие чрезмерных защитных мер [2].

Экономический эффект (Э) от применения экономически обоснованных проектных решений определяется как разница между предотвращённым ущербом и затратами на инженерные мероприятия:

$Э = (У_1 + У_2) - З_м$, (1)

$У_1$ - предотвращенный ущерб от преждевременного разрушения земляного полотна и дорожной конструкции, выраженный через снижение затрат на внеплановый (внеочередной) ремонт;

$У_2$ - предотвращённые потери пользователей автомобильной дороги, включающие сокращение времени задержек в пути, уменьшение расхода топлива и снижение эксплуатационных затрат транспортных средств вследствие уменьшения неровностей покрытия;

$З_м$ - затраты на противопучинистые мероприятия, включая устройство теплоизоляции, дренажных систем, стабилизацию грунтов применение укрепляющих модифицирующих добавок).

Оценка окупаемости дополнительных затрат на проведение более точных инженерно-геологических изысканий либо внедрение локальных защитных мероприятий может быть определена через показатель срока окупаемости:

$РР = К : Э_{год}$, (2)

К - дополнительные инвестиционные затраты, связанные с выполнением более детальных инженерно-геологических исследований вместо укрупнённых оценок, либо стоимость специальных материалов и технологических решений по укреплению грунтов;

$Э_{год}$ - годовой экономический эффект, определяемый как разница эксплуатационных расходов до и после внедрения технически обоснованного проектного решения.

Практика дорожного строительства показывает, что точное определение степени пучинистости грунтов в большинстве случаев обеспечивает окупаемость дополнительных затрат ещё до ввода объекта в эксплуатацию либо в течение первых 1–3 лет службы автомобильной дороги [4]. Это достигается за счёт исключения проектных ошибок, сокращения объёмов избыточных работ и снижения вероятности преждевременного возникновения дефектов дорожной конструкции. Дополнительное экономическое обоснование включает анализ влияния правильной классификации грунтов на снижение риска морозного пучения, уменьшение затрат на ремонт дорожных одежд и повышение срока службы автомобильных дорог в условиях Центральной Якутии.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что точность инженерно-геологических изысканий является одним из определяющих факторов обеспечения экономической эффективности проектирования и строительства автомобильных дорог в условиях распространения пучинистых грунтов. Достоверное определение инженерно-геологических характеристик основания позволяет существенно повысить качество проектных решений, снизить вероятность ошибок и обеспечить рациональное использование финансовых ресурсов на всех этапах жизненного цикла дорожной инфраструктуры.

Установлено, что применение детализированных инженерно-геологических данных способствует предотвращению как технически недостаточных, так и экономически избыточных решений, включая необоснованную замену грунтов на значительную глубину, завышенные объемы земляных работ и чрезмерное использование противопучинистых мероприятий. В то же время недооценка степени морозной пучинистости грунтов может приводить к преждевременному разрушению дорожной конструкции, увеличению затрат на внеочередной ремонт и росту эксплуатационных потерь пользователей автомобильных дорог.

Предложенный подход к оценке экономического эффекта показал, что эффективность корректного проектирования определяется соотношением предотвращенного ущерба и затрат на инженерную защиту. При этом экономический результат выражается не только в сокращении затрат на содержание и восстановление дорожной одежды, но и в снижении косвенных потерь, связанных с ухудшением транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, увеличением времени в пути и расхода топлива.

Результаты исследования позволяют сделать вывод о высокой инвестиционной целесообразности дополнительных затрат на точные инженерно-геологические изыскания, а также на локальные методы укрепления и стабилизации грунтов. В большинстве случаев их применение обеспечивает окупаемость еще на стадии строительства либо в течение первых 1–3 лет эксплуатации объекта за счет исключения проектных ошибок и сокращения расходов на последующее восстановление дорожной конструкции.

Таким образом, повышение качества инженерно-геологических изысканий следует рассматривать как один из ключевых инструментов управления инфраструктурными рисками, оптимизации капитальных вложений и повышения устойчивости дорожной сети. Практическая реализация риск-ориентированного подхода к проектированию автомобильных дорог способна обеспечить снижение совокупной стоимости жизненного цикла объекта и более эффективное использование бюджетных и инвестиционных ресурсов в дорожной отрасли.

Литература

1. Баурина С.Б. Эффективность дорожных проектов: методика расчета показателей и алгоритм оценки // Азимут научных исследований: экономика и управление. - 2020. - № 2(31).

2. Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г., Бирюков О.Р. и др. Экономико-математические методы в проектировании и строительстве автомобильных дорог // СПб.: Политех-Пресс, 2025. - 282 с.

3. Каменчуков А.В., Ярмолинский В.А., Кривко Е.В. Влияние исходной информации на качество проектирования строительства и ремонта автомобильных дорог. - 2016. - 180 с.

4. Каримов Б.Б., Корнев В.А., Макенов А.А. Робастное проектирование автомобильных дорог // - М.: МПК, 2018. - 160 с.

5. Методика расчета экономической эффективности капиталовложений в строительство и реконструкцию сети автомобильных дорог. - М.: Госстрой СССР, 1968. - 30 с.

6. Ярмомедов И.В., Цакаев А.Х. Методики оценки эффективности проектов транспортной инфраструктуры: сравнительный анализ // Экономическая безопасность. - 2024. - Т. 7, № 9.

7. Шведовский П.В., Лукша В.В., Чумичева Н.В. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. - М.: ИНФРА-М, 2024. - 445 с.

8. Winfrey R. Economic Analysis for Highways. - Iowa State University Press, 1969.

9. Walls J., Smith M. Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design. - NCHRP Report 545, 2008.

10. Hendrickson C., Matthews H. Life Cycle Assessment of Transportation Infrastructure. - Carnegie Mellon University, 2010.

11. Hudson W.R., Haas R. Pavement Management Systems. - McGraw-Hill, 1994.

12. Andersland O.B., Ladanyi B. Frozen Ground Engineering. - Wiley, 2004.

Optimization of investment costs in road construction based on accurate engineering and geological data

Nikolaeva G.O., Uvarov E.V.

Road Faculty of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russian Federation

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, □20

The article discusses the impact of the accuracy of engineering and geological surveys on the economic efficiency of road design in areas with expansive soils. It shows that accurate determination of the engineering and geological characteristics of the foundation can minimize the risks of making excessive or insufficiently effective design decisions, including unjustified soil replacement, overestimation of excavation volumes, and the use of excessive protective measures. The article proposes an approach to assessing the economic benefits of proper design based on comparing the prevented damage and the costs of anti-expansive measures. It has been established that investments in accurate engineering surveys and local soil stabilization methods can lead to reduced operating costs, reduced unscheduled repairs, and improved reliability of road infrastructure. It has also been proven that the additional costs associated with high-quality geological diagnostics are typically recouped in the early stages of a road's lifecycle.

Keywords: roads, heaving soils, subgrade, road surface, anti-heaving measures, and operating costs.

References

1. Baurina S.B. Effektivnost' dorozhnykh proyektov: metodika rascheta pokazateley i algoritm otsenki // Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye. - 2020. - № 2(31).
2. Yermoshin N.A., Lazarev YU.G., Biryukov O.R. i dr. Ekonomiko-matematicheskiye metody v proyektirovanii i stroitel'stve avtomobil'nykh dorog // SPb.: Politekh-Press, 2025. - S. 282.
3. Kamenchukov A.V., Yarmolinskiy V.A., Krivko Ye.V. Vliyaniye iskhodnoy informatsii na kachestvo proyektirovaniya stroitel'stva i remonta avtomobil'nykh dorog. - 2016. - S. 180.
4. Karimov B.B., Kornev V.A., Makenov A.A. Robastnoye proyektirovaniye avtomobil'nykh dorog // - M.: MPK, 2018. - S. 160.
5. Metodika rascheta ekonomicheskoy effektivnosti kapitalovlozheniy v stroitel'stvo i rekonstruktsiyu seti avtomobil'nykh dorog. - M.: Gosstroy SSSR, 1968. - S. 30.
6. Yarmomedov I.V., Tsakayev A.KH. Metodiki otsenki effektivnosti proyektov transportnoy infrastruktury: sravnitel'nyy analiz // Ekonomicheskaya bezopasnost'. - 2024. - T. 7, № 9.
7. Shvedovskiy P.V., Luksha V.V., Chumicheva N.V. Izyskaniya i proyektirovaniye avtomobil'nykh dorog. - M.: INFRA-M, 2024. - S. 445.
8. Winfrey R. Economic Analysis for Highways. - Iowa State University Press, 1969.
9. Walls J., Smith M. Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design. - NCHRP Report 545, 2008.
10. Hendrickson C., Matthews H. Life Cycle Assessment of Transportation Infrastructure. - Carnegie Mellon University, 2010.
11. Hudson W.R., Haas R. Pavement Management Systems. - McGraw-Hill, 1994.
12. Andersland O.B., Ladanyi B. Frozen Ground Engineering. - Wiley, 2004.

Инвестиционная активность бизнеса в РФ: направления трансформации

Овечкина Анна Игоревна
канд. экон. наук, доцент кафедры финансов, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, anna-igorevna@mail.ru,

Петрова Наталья Павловна
канд. экон. наук, доцент кафедры финансов, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, petrova.n@unecon.ru,

Присяжная Раиса Ивановна
канд. экон. наук, доцент кафедры финансов, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, rprisyazhnaya@mail.ru

Статья посвящена обзору факторов, влияющих на инвестиционную активность российских компаний. Инвестиционная активность является важнейшим драйвером экономического роста и развития страны. Российский бизнес функционирует в условиях высокой ключевой ставки, продолжающихся санкций, значительного износа основных средств, переориентации на импортозамещение, ограничения доступного финансирования. Рост инвестиционной активности бизнеса является приоритетной задачей государства, направленной на обеспечение устойчивого развития экономики. Для решения сложившихся проблем особое значение приобретает реализация государственной стратегии по повышению объема инвестиций в основной капитал. Институты развития становятся важнейшим механизмом привлечения инвестиций для бизнеса и новых возможностей его роста.
Ключевые слова: инвестиционная активность, трансформация, бизнес, инвестиции в основной капитал, институты развития, источники финансирования.

Ключевым фактором обеспечения устойчивого экономического роста и структурной трансформации национальной экономики в современных геополитических и макроэкономических условиях является устойчивое повышение инвестиционной активности бизнеса. Утвержденный в 2025 году постановлением Правительства РФ Федеральный проект «Повышение инвестиционной активности», направлен на достижение основной цели – увеличение объема инвестиций в основной капитал не менее чем на 60% по сравнению с уровнем 2020 года за счет постоянного улучшения инвестиционного климата [6]. Для этого необходимо сформировать стабильную и предсказуемую среду для бизнеса, в основе которой будет механизм эффективного распределения рисков между государством и частными инвесторами, а также внедрение системы мер поддержки для компаний, осуществляющих капиталовложения. Все эти меры будут способствовать не только созданию новых рабочих мест и развитию критически важной инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры, но и стимулировать приток инвестиций.

Целью данного исследования является анализ инвестиционной активности российских компаний реального сектора экономики на современном этапе, выявление факторов, оказывающих влияние на изменение ситуации, а также обзор мер поддержки инвестиционной активности российских компаний.

В качестве информационной основы исследования использованы открытые данные Федеральной налоговой службы, статистические материалы Федеральной службы государственной статистики, Банка России, Министерства экономического развития, инвестиционно-аналитического агентства «ПКР», государственной корпорации «ВЭБ.РФ». Для обработки полученной информации были использованы следующие методы исследования: анализ, сравнение, описание, метод экспертных оценок.

Для оценки современного состояния реального сектора экономики России целесообразно провести анализ статистики государственной регистрации юридических лиц за последние пять лет (рис. 1). По данным ФНС количество юридических лиц в 2026 году по сравнению с 2022 годом сократилось на 111,5 тыс. ед., при этом в 2025 г. наблюдалась положительная динамика. Однако к началу 2026 года показатель снизился до минимального уровня за весь анализируемый период.

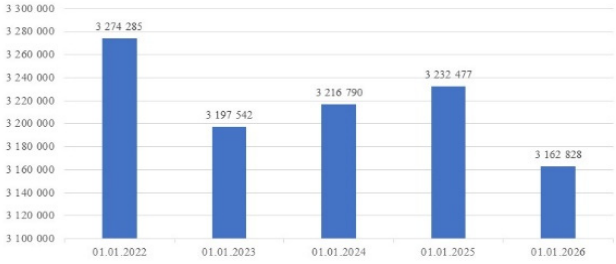


Рис.1 – Динамика юридических лица, запись о которых внесена в ЕГРЮЛ, ед. за 2022-2026 гг.
Источник: составлено авторами на основе [5].

Проведенный анализ юридических лиц (рис. 2) позволил выявить снижение предпринимательской активности и «рождаемости» компаний. Как отмечают аналитики FinExpertiza количество вновь созданных коммерческих организаций на начало 2026 года составила рекордно низкое значение за последние 10 лет – 193 тыс. ед. Количество ликвидированных компаний на начало 2026 года составило 263 тыс. ед., значительная доля компаний прекративших свою деятельность организаций приходится на малый и средний бизнес, который наиболее чувствителен к изменениям условий предпринимательской деятельности. Основными причинами прекращения деятельности компании за последние два года являются решения налоговых органов (88,4%) и ликвидация по инициативе собственников (11,6%).

По данным инвестиционно-аналитического агентства «ПКР» в России сейчас наблюдается неоднородный интерес со стороны промышленности и предпринимательства к запуску новых инвестиционных проектов. Он зависит от отрасли и от объема собственных средств для финансирования инвестиций. Высокое значение ключевой ставки Банка России с 2023 по 2026 гг., неопределенность экономической ситуации, усложнение механизма получения кредитов на инвестиционные цели привели к приостановке и замедлению реализации инвестиционных проектов [3].

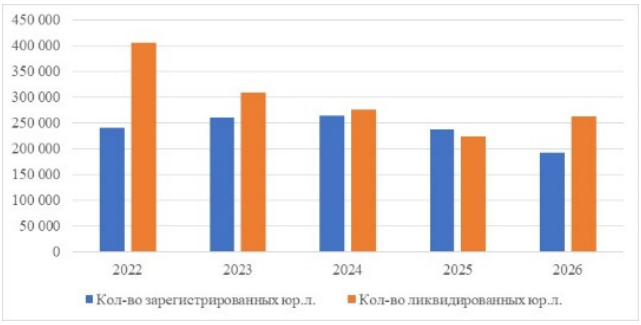


Рис. 2 - Количество зарегистрированных и ликвидированных юридических лиц [5]

Высокая степень износа основных фондов существенно ограничивает развитие ключевых отраслей экономики и снижает конкурентоспособность российских предприятий. По данным Росстата степень износа основных фондов ежегодно увеличивается в среднем на 1%: в 2022 г. – 40,5%, в 2023 г. – 41,2%, в 2024 г. – 42,3% [4].

По данным Минэкономразвития, в первом квартале 2026 года наблюдалось значительное снижение темпов экономического развития. В январе 2026 года ВВП сократился на 2,1% по сравнению с январём 2025 года, промышленное производство снизилось на 0,8% [9]. Однако индикатор бизнес климата Банка России в апреле 2026 г. вырос до 2,2 п. (в марте - 0,1 п.) в следствие позитивных ожиданий для ведения бизнеса. Это является сигналом будущих изменений в деловой активности [1].

В таблице 1 представлена динамика инвестиционной активности бизнеса в РФ в 2021-2025 гг. За анализируемый период наблюдается положительная динамика ВВП, доли инвестиций в основной капитал, инвестиций в основной капитал на душу населения, индекса промышленного производства. Это свидетельствует о том, что реальный сектор стремится наращивать инвестиционную активность несмотря на существующие барьеры. Однако динамика инвестиций в основной капитал в процентах к предыдущему году в 2025 г. показала снижение темпов роста на фоне понижения ключевой ставки Банка России до 14, 5% и достаточно низкого уровня инфляции - 5,59%.

Таблица 1
Динамика инвестиционной активности в РФ

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025
ВВП, млрд руб.	134 727,5	157 001,4	174 265,7	202 320,5	213 515,8
Индекс промышленного производства, в % к пред. году	106,3	100,7	104,3	105,1	101,3
Доля инвестиций в основной капитал в ВВП, %	19,2	19,7	21,9	22,6	23,2
Инвестиции в основной капитал на душу населения, руб.	157 858	193 669	232 666	273 172	н.д.
Динамика инвестиций в основной капитал, в % к пред. году	108,6	106,7	109,8	108,4	97,7
Ключевая ставка на конец года, в %	8,5	7,5	16	21	16
Инфляция, %	8,39	11,92	7,42	9,52	5,59

Источник: составлено авторами на основе [4].

На рисунке 3 представлена структура инвестиций в основной капитал в РФ по видам основных фондов.

Рис. 3 – Инвестиции в основной капитал в РФ по видам основных фондов, млрд. руб.
Источник: составлено авторами на основе [2].

Анализ данных об инвестициях в основной капитал за период 2021–2025 гг. позволяет сделать следующие выводы: объём инвестиций в основной капитал показал рост почти в 1,8 раза и среднегодовой темп прироста составил около 16%. Наибольшую долю во вложениях традиционно занимают основные средства (в среднем 33% от общего объёма) и здания (кроме жилых) и сооружения, расходы на улучшение земель (в среднем 40%). Объекты интеллектуальной собственности — это наиболее динамичный сегмент, их доля выросла с 4,4% до 6,6%, что отражает тренд на увеличение нематериальных активов и технологическое развитие компаний.

Финансирование инвестиций в основной капитал осуществлялось в основном за счет собственных средств бизнеса (более 55%), привлеченные средства кредиты и займы, а также средства бюджета и внебюджетных фондов составили около 40% (рис. 4).

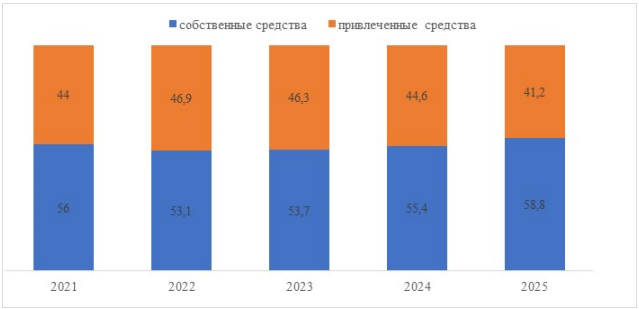


Рис. 4 – Структура источников финансирования инвестиций в основной капитал, %
Источник: составлено авторами на основе [2].

Выбор источников финансирования отражает стратегию адаптации бизнеса к условиям экономической нестабильности и неопределённости, что позволяет поддерживать финансовую устойчивость и независимость от кредиторов, но в тоже время ограничивает инвестиционную активность.

Структура привлеченных средств для реализации инвестиционной деятельности в разрезе источников представлена на рис.5.

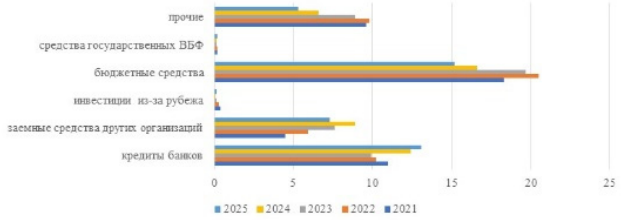


Рис. 5 – Структура привлеченных средств в рамках инвестиций в основной капитал, %
Источник: составлено авторами на основе [2].

Компании стремятся найти компромисс между текущим функционированием и развитием, балансируя в условиях ограниченных финансовых ресурсов. С одной стороны, наметившаяся тенденция в смягчении денежно-кредитной политики будет способствовать восстановлению привлекательной инвестиционной среды, с другой стороны, налоговые изменения и климатические риски с будут требовать от инвесторов научится гибко реагировать на новые вызовы.

Бизнес продолжает адаптироваться к антироссийским экономическом санкциям, и в этих условиях особую роль играет стимулирование инвестиционной активности за счет институтов развития. Именно поддержка со стороны государства часто играет решающую роль в активизации инвестиционных бизнес-процессов. Созданные в России институты развития выступают ключевым инструментом государственной экономической политики по структурной трансформации национальной экономики. Их роль проявляется в комплексном подходе и реализуется через ряд взаимосвязанных функций: финансовое посредничество и снижение рисков, создание инфраструктуры для инвестиций, трансфер технологий и инновационное развитие, развитие рынков и снятие инфраструктурных ограничений (таблица 2).

Государственная корпорация развития «ВЭБ.РФ» является центральным элементом системы институтов развития России, которая координирует работу по реализации национальных проектов. Для реализации поставленных целей ВЭБ.РФ разработал специальный механизм

поддержки инвестиционных проектов – Фабрику проектного финансирования, основная задача которой состоит в привлечении долгосрочного (синдицированного) капитала для реализации масштабных инвестиционных проектов. Фабрика проектного финансирования обеспечивает повышение финансовой устойчивости заёмщиков благодаря механизму субсидирования процентных расходов, который страхует проект от рисков, связанных с ростом ключевой ставки. Данная мера является особенно актуальной в условиях высокой волатильности на финансовых рынках.

Таблица 2

Государственная поддержка инвестиционного климата и инвестиционной активности бизнеса

Институты развития в РФ	Компании на стадии формирования	Малый и средний бизнес	Крупный бизнес
ВЭБ.РФ			Финансирование ключевых проектов
Российский экспортный центр		Поддержка экспорта	
Федеральная корпорация по развитию малого и среднего предпринимательства»	Меры поддержки МСП		
Фонд развития промышленности		Поддержка промышленных организаций	
Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий	Кооперация технологических лидеров и развитие технологической инфраструктуры		
Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	Поддержка инноваций в технологических направлениях		
Российский фонд развития информационных технологий		Поддержка отечественных ИТ-решений	
Агентство по технологическому развитию		Обратный инжиниринг и технологическая экспертиза	

Источник: [7].

Государство стимулирует инвестиционную активность российского бизнеса не только исходя из размера бизнеса, но и с учетом отраслевой принадлежности, территориального расположения, стадии жизненного цикла, ориентацией на внутренний и внешний рынок, вида технологий. При этом финансовая поддержка включает прямое финансирование, льготные кредиты, гарантии. Ключевой тренд задан на усиление фокуса на технологическое развитие, инновации и импортозамещение. При этом наблюдается определённая диспропорция: пока в большей степени проработаны механизмы поддержки крупного бизнеса и зрелого МСП, в то время как инструменты для стартапов и компаний на ранних стадиях развития требуют дополнительного внимания и развития.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время преобладает сдержанная экономическая активность юридических лиц, вызванная адаптацией к новым экономическим реалиям (ухудшение внешних условий, невысокие темпы роста экономики, высокая ключевая ставка, налоговые новации). Вместо с тем Россия имеет огромный потенциал, обладая большой территорией и значительными ресурсами, что в совокупности создает благоприятные условия для стабилизации инвестиционного климата и повышению инвестиционной активности российских компаний реального сектора экономики. Предпринятые системные меры государственной поддержки инвестиционной активности через институты развития будут и впредь способствовать качественной трансформации инвестиционного климата.

Литература

1. Мониторинг предприятия информационно-аналитические материалы Официальный сайт Банка России - [Электронный ресурс] – URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/59406/1125.pdf (дата обращения 08.04.2026).
2. Инвестиции в России 2025 г. статистический сборник Федеральной службы государственной статистики - [Электронный ресурс] – URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Invest_2025.pdf (дата обращения 05.04.2026).
3. Официальный сайт инвестиционно-аналитического агентства «ПКР» - [Электронный ресурс] – URL: https://prcs.ru/ (дата обращения 07.04.2026)
4. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики - [Электронный ресурс] – URL: https://www.rosstat.gov.ru (дата обращения 07.04.2026).
5. Официальный сайт Федеральной налоговой службы - [Электронный ресурс] – URL: https://www.nalog.gov.ru (дата обращения 08.04.2026).
6. Официальный сайт Министерства экономического развития Российской Федерации - [Электронный ресурс] – URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/np_effektivnaya_i_konkurentnaya_ekonomika/fp_povyshenie_investicionnoy_aktivnosti/ (дата обращения 04.04.2026).
7. Официальный сайт государственной корпорации «ВЭБ.РФ» - [Электронный ресурс] – URL: https://вэб.рф/ (дата обращения 04.04.2026).
8. ГТКЛ. Раздел «Транспорт в деталях» - [Электронный ресурс] – URL: https://www.gtlk.ru/press_room/transport-v-detalyakh/transport-v-detalyakh-gorodskoe-soobshchenie/?ysclid=mabifcob1p354597450 (дата обращения 04.05.2026).
9. Минэкономразвития констатировало спад ВВП России на 2,1% в январе 2026 года [Электронный ресурс] – URL: https://rg.ru/2026/03/04/minekonomrazvitiia-konstatirovalo-spad-vvp-rossii-na-21-v-ianvare-2026-goda.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения 01.05.2026).

Investment activities of business in the Russian Federation: directions of transformation

Ovechkina A.I., Petrova N.P., Prisyazhnaya R.I.
Saint Petersburg State University of Economics

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, □20

The article provides an overview of the factors affecting the investment activity of Russian companies. Investment activity is a crucial driver of economic growth and development. Russian businesses are operating in a challenging environment characterized by high interest rates, ongoing sanctions, significant depreciation of fixed assets, a shift towards import substitution, and limited access to financing. Increasing business investment is a top priority for the government to ensure sustainable economic growth. To address these challenges, implementing a government strategy to boost investment in fixed assets is crucial. Development institutions are becoming an essential mechanism for attracting investment and new opportunities for business growth.

Keywords: investment activity, transformation, business, investments in fixed capital, development institutions, sources of financing.

References

1. Enterprise monitoring information and analytical materials Official website of the Bank of Russia - [Electronic resource] – URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/59406/1125.pdf (accessed 04/08/2026).
2. Investments in Russia 2025 statistical collection of the Federal State Statistics Service - [Electronic resource] – URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Invest_2025.pdf (accessed 04/05/2026).
3. The official website of the investment-analytical agency "PKR" - [Electronic resource] – URL: https://prcs.ru / (accessed 04/07/2026)
4. The official website of the Federal State Statistics Service - [Electronic resource] – URL: https://www.rosstat.gov.ru (accessed 04/07/2026).
5. The official website of the Federal Tax Service - [Electronic resource] – URL: https://www.nalog.gov.ru (accessed 04/08/2026).
6. The official website of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation - [Electronic resource] – URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/np_effektivnaya_i_konkurentnaya_ekonomika/fp_povyshenie_investicionnoy_aktivnosti / (accessed 04.04.2026).
7. The official website of the state corporation "VEB.RF" - [Electronic resource] – URL: https://вэб.рф / (accessed 04.04.2026).
8. GTKL. The section "Transport in detail" - [Electronic resource] – URL: https://www.gtlk.ru/press_room/transport-v-detalyakh/transport-v-detalyakh-gorodskoe-soobshchenie /?ysclid=mabifcob1p354597450 (accessed 05/04/2026).
9. The Ministry of Economic Development stated a 2.1% decline in Russia's GDP in January 2026 [Electronic resource] – URL: https://rg.ru/2026/03/04/minekonomrazvitiia-konstatirovalo-spad-vvp-rossii-na-21-v-ianvare-2026-goda.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (accessed 05/01/2026).

Математическая модель оценки инвестиционной безопасности предприятий в условиях внешних шоков

Фурунджи Арсений Русланович
студент, направление подготовки 01.03.04 «Прикладная математика», Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), senya.furundzhi@mail.ru

В статье предложена математическая модель оценки инвестиционной безопасности предприятий в условиях внешних шоков. Актуальность исследования обусловлена тем, что традиционные подходы к инвестиционному анализу, основанные на финансовых коэффициентах, дисконтировании денежных потоков и экспертных скоринговых схемах, не всегда применимы к предприятиям с ограниченной историей наблюдений, нестабильной внешней средой и высокой чувствительностью к редким неблагоприятным событиям. В работе инвестиционная безопасность определяется как величина, обратная совокупному риску. Она строится на основе системы внешних и внутренних экономических факторов. Для оценки индивидуальных рисков используется алгоритм, учитывающий свойства временных рядов: наличие тренда, характеристики распределения и устойчивость оценки дисперсии. В зависимости от этих характеристик применяются точная нормальная оценка, неравенства Высочанского–Петунина, Чебышева и Маркова. Совокупный риск рассчитывается на основе агрегирования частных рисков с использованием среднего геометрического и взвешенного суммирования. Предлагаемый подход ориентирован на сравнительную оценку предприятий в условиях неполной информации и может использоваться как инструмент выбора более устойчивого объекта инвестирования.

Ключевые слова: инвестиционная безопасность, внешний шок, математическое моделирование, временные ряды, вероятность риска, агрегирование рисков.

Введение

В условиях усиливающейся неопределенности внешней среды задача оценки инвестиционной безопасности предприятия перестает опираться только на показатели рентабельности, ликвидности и долговой нагрузки. Для принятия инвестиционного решения все большее значение приобретают устойчивость предприятия к внешним шокам, чувствительность к резким изменениям макроэкономических параметров и способность сохранять воспроизводственный потенциал при неблагоприятной динамике ключевых факторов [1]. Особенно заметно эти факторы влияют на экономику предприятий в периоды ускорения инфляции, роста стоимости заемного капитала, волатильности валютных курсов, нарушения логистических связей и иных воздействий.

Классические методы инвестиционного анализа, основанные на дисконтировании денежных потоков, финансовых коэффициентах и экспертных скоринговых процедурах, в таких условиях оказываются порой неприменимы или недостаточно информативны. Они предполагают наличие длительной и относительно однородной статистической истории. Также такие методы недостаточно чувствительны к редким неблагоприятным событиям, которые не определяют среднюю динамику показателя, но оказывают решающее влияние на инвестиционный риск [1, 2].

В связи с этим возникает необходимость перехода от классических схем оценки предприятий к вероятностной модели, позволяющей связывать наблюдаемые временные ряды факторов риска с количественной оценкой инвестиционной безопасности [2, 3]. Методологической основой такого перехода выступают результаты теории вероятностей и математической статистики. Для оценки вероятности редких отклонений при ограниченной информации могут использоваться классические вероятностные неравенства, такие как неравенства Маркова и Чебышева [4, 5]. В случае унимодальных распределений возможно получение более точных оценок на основе неравенства Высочанского-Петунина [6, 7]. Если же распределение ряда или его остатков близко к нормальному, вероятность выхода показателя за критическую границу может определяться непосредственно через функцию распределения нормального закона [5].

Существенной проблемой остается не только вычисление вероятности неблагоприятного события, но и формализация самого события риска. Экспертное задание критических границ не всегда возможно: для части факторов отсутствуют нормативные пороги, а для части – экспертная оценка оказывается слишком субъективной. В таких случаях требуется статистический способ задания форс-мажорной границы. Он должен быть устойчивым к выбросам и не зависящим от предположения о нормальности распределения. Одним из наиболее известных подходов является метод межквартильного размаха, описанный в работах Дж. Тьюки, где критические значения определяются через квартильную структуру выборки [9]. Однако сама по себе такая граница не дает вероятностной интерпретации и требует дальнейшего включения в модель оценки риска.

В настоящей статье инвестиционная безопасность рассматривается как величина, обратная совокупному риску, агрегирующему вероятности неблагоприятных событий по системе внешних и внутренних факторов. Такой подход позволяет перейти от разрозненных временных рядов к единому количественному показателю, пригодному для сравнительной оценки различных предприятий. Если R обозначает совокупный риск, то показатель инвестиционной безопасности определяется формулой

$$S = \frac{1}{R}$$

При такой постановке уменьшение совокупного риска приводит к росту показателя инвестиционной безопасности, а увеличение риска – к его снижению.

Особенность предлагаемой модели состоит в том, что способ вероятностной оценки не фиксируется заранее, а выбирается в зависимости от свойств временного ряда: наличия тренда, нормальности распределения и возможности устойчивой оценки дисперсии. Такая схема позволяет избегать как неоправданного использования нормального приближения, так и чрезмерно грубых оценок в тех случаях, когда структура данных допускает более точное вероятностное описание [6-8, 10]. Тем самым модель сочетает робастность, необходимую при неполной информации, и математическую строгость, необходимую для точной интерпретации инвестиционного риска.

Цель статьи состоит в построении математической модели оценки инвестиционной безопасности предприятий в условиях внешних шоков на основе временных рядов факторов риска. Для достижения этой цели решаются следующие задачи: формализуется показатель инвестиционной безопасности; задается схема статистического определения форс-мажорных границ; разрабатывается алгоритм выбора вероятностной оценки индивидуального риска по свойствам ряда; предлагается способ агрегирования частных рисков в интегральную оценку. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения модели в ситуациях, когда объем статистической информации ограничен, а экспертное задание вероятностей затруднено.

Материалы и методы

В качестве исходного материала в работе рассматриваются временные ряды факторов риска, отражающих чувствительность предприятия к внешним и внутренним неблагоприятным воздействиям. Пусть $F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$ – множество факторов риска, каждому из которых сопоставлен временной ряд наблюдений $X^{(i)} = \left(x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_{n_i}^{(i)}\right)$.

Выбор факторов носит экспертно-аналитический характер и определяется отраслевой спецификой предприятия. При этом в модель включаются только те показатели, которые допускают интерпретацию в терминах форс-мажорного отклонения, то есть позволяют задать критическую границу неблагоприятного состояния. К числу таких факторов могут относиться валютный курс, инфляция, ключевая ставка, стоимость логистики, отраслевые индексы, показатели выручки и прибыли, а также иные переменные, характеризующие риск нарушения устойчивого функционирования предприятия [1-3].

Первым этапом расчета является задание форс-мажорной границы. Если нормативное или экспертное значение отсутствует, граница определяется статистически на основе межквартильного размаха. Для выборки значений ряда вычисляются первый и третий квартили Q_1 и Q_3, после чего межквартильный размах определяется формулой

$$\mathrm{IQR} = \mathrm{Q}_3 - \mathrm{Q}_1.$$

Тогда верхняя форс-мажорная граница задается как

$$A_i = Q_3 + 1.5 \cdot IQR,$$

а нижняя – как

$$A_i = Q_1 - 1.5 \cdot IQR$$

Такой способ задания критической границы встречается в работах Дж. Тьюки и используется как робастная процедура выделения экстремальных отклонений в ситуации, когда распределение фактора заранее неизвестно [9]. В рамках предлагаемой модели данная граница не является оценкой вероятности, а задает событие риска, вероятность которого определяется на следующем этапе.

Поскольку один и тот же фактор может быть опасен как при росте, так и при падении, вводится параметр направления d_i, принимающий значения $+1$ или -1. Тогда событие риска для фактора F_i записывается в виде

$$E_i = \{d_i(x - A_i) \geq 0\},$$

а индивидуальный риск определяется как

$$R_i = P(E_i).$$

Для вычисления вероятности R_i используется адаптивный алгоритм. На первом шаге исследуется наличие линейного тренда. Линейный тренд ряда аппроксимируется выражением

$$x_t^{(i)} \approx a_i + b_i t,$$

где параметры a_i и b_i определяются методом наименьших квадратов [10]. Если тренд выражен, дальнейший вероятностный анализ проводится по остаткам; если нет, по самому ряду. Такой подход позволяет отделить систематическую компоненту изменения фактора от случайных отклонений, по которым и должна оцениваться вероятность выхода за форс-мажорную границу [10].

На втором шаге проверяется нормальность распределения ряда или остатков. Для этой цели используется критерий Шапиро–Уилка, который относится к числу наиболее мощных критериев для малых и средних выборок [8]. Если гипотеза о нормальности не отвергается, вероятность риска определяется по функции распределения стандартного нормального закона:

$$R_i^{(N)} = 1 - \Phi\left(\frac{A_i - \bar{x}_i}{s_i}\right),$$

где $\bar{x}_i$ – выборочное среднее, s_i – выборочное стандартное отклонение.

Если распределение не является нормальным, но допускает унимодальную аппроксимацию, используется неравенство Высочанского–Петунина, дающее более точную верхнюю оценку вероятности отклонения по сравнению с неравенством Чебышева [6, 7]:

$$R_i^{(VP)} \leq \frac{4}{9\lambda_i^2}, \quad \lambda_i > \sqrt{\frac{8}{3}},$$

где

$$\lambda_i = \frac{A_i - \bar{x}_i}{s_i}.$$

Если предположение об унимодальности не может быть принято, но дисперсия ряда оценивается устойчиво, применяется неравенство Чебышева [4, 5]:

$$R_i^{(Cheb)} \leq \frac{1}{\lambda_i^2}.$$

В тех случаях, когда выборка мала либо использование дисперсии оказывается ненадежным, применяется неравенство Маркова. После приведения величины к неотрицательному виду соответствующая оценка риска записывается как

$$R_i^{(Mark)} \leq \frac{\bar{z}_i}{A_i^*},$$

где $\bar{z}_i$ – среднее преобразованного неотрицательного ряда, A_i^* – преобразованная форс-мажорная граница [4, 5].

Тем самым для каждого фактора формируется индивидуальный риск R_i. На заключительном этапе частные риски агрегируются в совокупный показатель. Для потенцирующих факторов используется среднее геометрическое, а для аддитивных – взвешенное суммирование. Совокупный риск обозначим через R. Тогда интегральный показатель инвестиционной безопасности определяется формулой

$$S = \frac{1}{R}$$

Такое представление позволяет интерпретировать инвестиционную безопасность как убывающую функцию совокупного риска и использовать ее для сравнительной оценки нескольких предприятий в единой шкале.

Результаты и обсуждение

Апробация предложенной модели выполнена на примере двух российских предприятий. Они относятся к разным секторам экономики и испытывают неодинаковую чувствительность к внешним шокам. Такой выбор предприятий позволяет проверить, насколько предложенный показатель инвестиционной безопасности применим для сравнительной количественной оценки компаний, которые различаются по отраслевой специфике, структуре выручки и характеру воздействия внешних рисков. В отличие от классических методов, ориентированных преимущественно на сопоставление финансовых коэффициентов внутри одной отрасли, предлагаемая модель использует единую вероятностную шкалу.

Для каждого предприятия была сформирована система факторов риска, включающая как внешние, так и внутренние переменные. Внешние факторы подбирались таким образом, чтобы они отражали условия, в которых формируются шоковые воздействия на хозяйственную деятельность. К ним относятся валютный курс, инфляция и стоимость заемного капитала. Внутренние факторы определялись с учетом специфики предприятия и включали показатели, характеризующие динамику выручки, прибыли и финансовой устойчивости. Такой подход соответствует общей логике риск-ориентированного анализа [2, 3]. Таким образом, инвестиционная безопасность определяется не одной метрикой, а совокупностью факторов, различающихся по источнику возникновения и способу воздействия на экономический результат. Данные по макроэкономическим показателям получены из официальных источников Банка России и Росстата [13, 14], а данные по финансовым показателям компаний – из их опубликованной финансовой отчетности [11, 12].

Для всех факторов были заданы форс-мажорные границы, определяющие событие риска. При отсутствии нормативных или экспертных порогов границы рассчитывались статистически на основе межквартильного размаха. После этого по каждому фактору вычислялась вероятность выхода показателя за соответствующую границу, а затем полученные значения агрегировались в совокупный риск предприятия. В базовой апробации внешние макроэкономические факторы были взяты как общие для обеих компаний; различия инвестиционной безопасности формируются за счёт внутренних факторов и различий в их динамике.

Результаты расчетов показали, что предложенная модель позволяет не только получить итоговое численное значение инвестиционной безопасности, но и выявить структуру риска, то есть установить, за счет каких именно факторов формируется итоговая оценка. Это представляет практический интерес, поскольку при одинаковом уровне совокупного риска предприятия могут иметь различные профили уязвимости. В одном случае важнейшим фактором является валютная чувствительность,

в другом – нестабильность внутреннего финансового результата, в третьем – повышенная реакция на изменение стоимости заемных ресурсов [4, 5].

В процессе апробации было установлено, что внешние временные факторы формируют наиболее существенный вклад в совокупный риск. Это связано с тем, что именно они обладают наибольшей амплитудой изменений и в наибольшей степени проявляют свойства шоковых воздействий. В первую очередь речь идет о валютном курсе и процентной ставке, так как их резкие колебания прямо влияют на стоимость заимствований, импортных компонентов, контрактных обязательств и уровень будущих издержек. При этом влияние инфляционного фактора носит более инерционный характер, но также оказывает заметное воздействие на итоговый риск, особенно для предприятий с длительным производственным циклом и зависимостью от внешних поставок.

Внутренние факторы показали менее однородную картину. Для одного предприятия основной вклад в интегральный риск сформировался за счет нестабильности прибыли, тогда как для другого более значимой оказалась динамика долговой нагрузки. Результат показывает, что предприятия различаются по механизму передачи внешнего воздействия во внутренние финансовые показатели. Иными словами, модель позволяет учитывать не только силу внешнего импульса, но и способность конкретного предприятия превращать внешний шок во внутренний риск.

Сравнительный расчет показателя инвестиционной безопасности показал, что одно из исследованных предприятий обладает более высоким значением S, то есть меньшим совокупным риском при заданной системе факторов. Это означает, что в рассматриваемом временном интервале его деятельность более устойчива к неблагоприятным отклонениям внешних и внутренних параметров.

Предлагаемая модель позволяет использовать разнородные временные ряды без жесткого требования к их полной статистической однородности. Если распределение фактора допускает нормальную аппроксимацию, используется более точная оценка риска. Если же такой возможности нет, модель автоматически переходит к более общим вероятностным неравенствам. Благодаря этому исключается искусственное навязывание единой схемы расчета всем факторам сразу. Такая адаптивность особенно важна в задаче инвестиционного анализа, где реальные данные редко обладают одинаковыми статистическими свойствами [5].

Полученные результаты позволяют сделать два промежуточных вывода. Во-первых, предложенная модель пригодна для сравнительной оценки предприятий в условиях неполной информации и неоднородности временных рядов. Во-вторых, итоговый показатель инвестиционной безопасности обладает не только ранжирующей, но и аналитической функцией, поскольку позволяет выявить факторы, определяющие наибольшую уязвимость объекта инвестирования. Именно это отличает предложенный подход от стандартного сопоставления финансовых коэффициентов, которое обычно фиксирует уже сложившееся состояние предприятия, но не всегда позволяет оценить вероятность неблагоприятного развития ситуации.

ПАО "МТС"			
Фактор	Значение	Источник	Период
Курс USD/RUB	0,182	Банк России [13]	2021-2025 гг.
Инфляция	0,3349	Росстат [14]	2021-2025 гг.
Ключевая ставка	0,1787	Банк России [13]	2021-2025 гг.
Выручка	0,1159	ПАО "МТС" [11]	2021-2025 гг.
Чистая прибыль	0,1262	ПАО "МТС" [11]	2021-2025 гг.
Долговая нагрузка	0,3125	ПАО "МТС" [11]	2021-2025 гг.
Агрегированный риск R	0,1918		
Инвест. безопасность S	5,2137		

X5 Group			
Фактор	Значение	Источник	Период
Курс USD/RUB	0,182	Банк России [13]	2021-2025 гг.
Инфляция	0,3349	Росстат [14]	2021-2025 гг.
Ключевая ставка	0,1787	Банк России [13]	2021-2025 гг.
Выручка	0,138	X5 Group [12]	2021-2025 гг.
Чистая прибыль	0,076	X5 Group [12]	2021-2025 гг.
Долговая нагрузка	0,1371	X5 Group [12]	2021-2025 гг.
Агрегированный риск R	0,1582		
Инвест. безопасность S	6,3221		

Результаты апробации показывают, что в рамках выбранной системы факторов совокупный риск ПАО «МТС» превышает совокупный риск X5 Group. Для МТС получено значение

$$R^{MTS} \approx 0.1918, \quad S^{MTS} \approx 5.2137$$

тогда как для X5 Group

$$R^{X5} \approx 0.1582, \quad S^{X5} \approx 6.3221$$

Для расчета индивидуальных рисков в итоговой апробации использовалась оценка по неравенству Чебышева. Такой выбор связан с тем, что все ряды построены всего по пяти годовым наблюдениям за 2021–2025 гг. При таком объеме выборки предположение о нормальности распределения или даже об унимодальности нельзя считать достаточно надежным, а применение точной нормальной оценки или неравенства Высочанского–Петунина было бы методически более спорным. Неравенство Маркова в данном случае не использовалось, поскольку для всех рядов удалось вычислить дисперсию, а оценка Чебышева при этих условиях является более информативной и менее грубой.

Для макроэкономических и части корпоративных показателей, по которым отсутствовал содержательно обоснованный нормативный порог, использовалась статистическая граница по межквартильному размаху. Такой подход позволял избежать прямого экспертного задания критического уровня и единообразно определять экстремальные отклонения по данным ряда. Для показателя долговой нагрузки ND/EBITDA использовалась нормативная граница, а не квартильная. Причина состоит в том, что этот показатель имеет самостоятельную экономическую интерпретацию, а при пяти наблюдениях квартильная граница получается слишком чувствительной к способу расчета квартилей. Поэтому для него был принят порог

$$A_6 = 2{,}0.$$

В пределах рассматриваемой модели X5 Group характеризуется более высокой инвестиционной безопасностью. Полученный результат определяется не различием общего внешнего контура шоков, а различием внутренних параметров устойчивости компаний. В базовой апробации внешние факторы – курс USD/RUB, инфляция и ключевая ставка – рассматриваются как общие для обеих компаний, поскольку обе они функционируют в одной макроэкономической среде. Поэтому различие итоговых значений R и S формируется прежде всего за счет внутренних факторов: динамики выручки, чистой прибыли и долговой нагрузки. Такой выбор модели допустим для журнальной апробации, так как позволяет отделить воздействие общего внешнего шока от различий во внутренней способности компаний его переносить.

Наиболее существенное различие между компаниями проявилось по фактору долговой нагрузки. Для МТС официальный ряд Net debt/OIBDA в 2021–2025 гг. находится в диапазоне 1.6x–1.9x, тогда как для X5 показатель Net debt/EBITDA pre-IFRS 16 снижается с 1.67x до 0.84x. В результате вероятность приближения к критическому уровню долговой нагрузки у МТС оказывается выше, чем у X5. Это означает, что при одинаковом внешнем шоке компания с более высокой долговой нагрузкой оказывается уязвимее по отношению к изменению стоимости капитала и ухудшению финансовых условий. Официальные материалы компаний подтверждают, что к концу 2025 года Leverage X5 оставался существенно ниже уровня МТС.

Дополнительный вклад в различие итоговых оценок вносит динамика чистой прибыли. У X5 в 2021–2025 гг. наблюдается более ровная положительная динамика прибыли, тогда как у МТС ряд прибыли является менее устойчивым и включает более заметные отклонения относительно медианного уровня. Это усиливает интегральный риск компании даже при сравнительно устойчивом ряде выручки. Таким образом, модель выявляет различие не только в уровне текущих показателей, но и в вероятности их неблагоприятного отклонения.

Содержательно полученный результат можно интерпретировать следующим образом: X5 Group в рассматриваемом периоде демонстрирует более устойчивую внутреннюю структуру по отношению к общему внешнему шоковому фону, тогда как инвестиционная безопасность МТС снижается из-за более высокой долговой нагрузки и менее устойчивой динамики финансового результата. Следовательно, предложенный показатель S может использоваться не только для ранжирования предприятий, но и для выявления факторов, определяющих их наибольшую уязвимость.

Заключение

В статье предложена математическая модель оценки инвестиционной безопасности предприятий в условиях внешних шоков, основанная на вероятностной интерпретации риска и агрегировании частных факторных оценок в единый интегральный показатель. Апробация модели на данных ПАО «МТС» и X5 Group показала, что предложенный подход позволяет получить сопоставимую количественную оценку инвестиционной безопасности даже в ситуации ограниченной статистической информации и неоднородности временных рядов. По результатам расчетов более высокий показатель инвестиционной безопасности получен для

X5 Group, что в рамках рассматриваемой модели связано с более устойчивой динамикой внутренних показателей и меньшей долговой нагрузкой.

Вместе с тем результаты исследования следует интерпретировать с учетом ряда методических ограничений. Во-первых, используемые временные ряды имеют малую длину, поэтому полученные вероятностные оценки не следует трактовать как точные значения вероятностей; они задают скорее консервативную количественную характеристику степени риска. Во-вторых, статистическое определение форс-мажорных границ, примененное для части факторов, является рабочим способом формализации события риска в условиях отсутствия нормативных или экспертно заданных порогов, однако не отменяет того, что при наличии отраслевой, технологической или управленческой информации более содержательным решением может быть задание критических границ экспертным путем. В этом смысле предложенная модель не противопоставляет статистический и экспертный подходы, а допускает их сочетание: статистическая граница может использоваться как базовая, а экспертная – как уточняющая.

Следовательно, практическая ценность разработанного подхода состоит не в замене профессионального инвестиционного анализа формальной процедурой, а в построении воспроизводимой математической схемы, позволяющей перевести разнородные факторы внешней и внутренней среды в единую шкалу сопоставления. Модель может рассматриваться как инструмент предварительной или сравнительной оценки предприятий, особенно в тех случаях, когда классические методы инвестиционного анализа затруднены недостаточностью данных. Перспективой дальнейшего развития работы является переход к компании-специфическим внешним факторам чувствительности, расширение временных рядов и комбинирование статистических процедур задания форс-мажорных границ с экспертной калибровкой.

Литература

1. Масленникова Н. В., Кац А. М. Методы оценки доинвестиционной стоимости стартапов, не достигших уровня доходности // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 4(246). С. 292–302.
2. Ильиных С. В. Инструменты оценки рисков инвестиционной деятельности промышленных предприятий // Управленческий учет. 2024. № 8. С. 35–42.
3. Каранина Е. В., Максимова Н. А. Оценка рисков экономической безопасности промышленных предприятий посредством разработки модели множественной регрессии // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 4. С. 10–21.
4. Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. 2-е изд. М.: Наука, 1974. 120 с.
5. Боровков А. А. Теория вероятностей. 6-е изд. СПб.: Лань, 2016. 470 с.
6. Высочанский Д. Ф., Петунин Ю. И. Обоснование правила трех сигм для унимодальных распределений // Теория вероятностей и математическая статистика. 1979. Вып. 21. С. 23–35.
7. Mercadier M., Strobel F. A one-sided Vysochanskii–Petunin inequality with financial applications // European Journal of Operational Research. 2021. Vol. 295. No. 1. P. 374–377.
8. Shapiro S. S., Wilk M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples) // Biometrika. 1965. Vol. 52. No. 3–4. P. 591–611.
9. Tukey J. W. Exploratory Data Analysis. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1977. 688 p.
10. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 755 с.
11. ПАО «МТС». Финансовые результаты и материалы для инвесторов за 2021–2025 гг. [Электронный ресурс]. URL: https://ir.mts.ru/investors/financial_center/financial_results (дата обращения: 19.04.2026).
12. X5 Group. Financial and operational results; financial statements за 2021–2025 гг. [Электронный ресурс]. URL: https://www.x5.ru/en/investors/financial-and-operational-results/; https://www.x5.ru/en/investors/financial-statements/ (дата обращения: 19.04.2026).
13. Банк России. Динамика официального курса доллара США; Ключевая ставка Банка России [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics/; https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/ (дата обращения: 19.04.2026).
14. Росстат. Индекс потребительских цен [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/price (дата обращения: 19.04.2026).

A mathematical model for assessing the investment security of enterprises under external shocks

Furundzhi A.R.

Bauman Moscow State Technical University (National Research University)

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, □20

The article offers a mathematical model for assessing the investment security of enterprises in the face of external shocks. The relevance of the study is due to the fact that traditional approaches to investment analysis based on financial ratios, discounting of cash flows and expert scoring schemes are not always applicable to enterprises with a limited history of observations, unstable external environment and high sensitivity to rare adverse events. In this paper, investment security is defined as the inverse of the total risk. It is based on a system of external and internal economic factors. Individual risks are assessed using an algorithm that takes into account the properties of time series, including the presence of a trend, distributional characteristics, and the stability of variance estimation. Depending on these characteristics, an accurate normal estimate is applied, the Vysochansky–Petunin, Chebyshev and Markov inequalities. The total risk is calculated based on the aggregation of private risks using geometric averages and weighted summation. The proposed approach is focused on a comparative assessment of enterprises in conditions of incomplete information and can be used as a tool for choosing a more resilient investment target.

Keywords: investment security, external shock, mathematical modeling, time series, risk assessment, risk aggregation.

References

1. Maslennikova N. V., Katz A.M. Methods of estimating the pre-investment value of startups that have not reached the profitability level // Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Economic sciences. 2016. No. 4(246). pp. 292-302.
2. Ilinykh S. V. Risk assessment tools for investment activities of industrial enterprises // Managerial accounting. 2024. No. 8. pp. 35-42.
3. Karanina E. V., Maksimova N. A. Assessment of the risks of economic security of industrial enterprises through the development of a multiple regression model // Problems of risk analysis. 2022. Vol. 19. No. 4. pp. 10-21.
4. Kolmogorov A. N. Basic concepts of probability theory. 2nd ed. M.: Nauka, 1974. 120 p.
5. Borovkov A. A. Theory of probability. 6th ed. St. Petersburg: Lan, 2016. 470 p.
6. Vysochansky D. F., Petunin Yu. I. Substantiation of the three sigma rule for unimodal distributions // Probability theory and mathematical statistics. 1979. Issue 21. pp. 23-35.
7. Mercadier M., Strobel F. A one-sided Vysochanskii–Petunin inequality with financial applications // European Journal of Operational Research. 2021. Vol. 295. No. 1. P. 374–377.
8. Shapiro S. S., Wilk M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples) // Biometrika. 1965. Vol. 52. No. 3–4. P. 591–611.
9. Tukey J. W. Exploratory Data Analysis. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1977. 688 p.
10. Anderson T. Statistical analysis of time series. Moscow: Mir, 1976. 755 p.
11. MTS PJSC. Financial results and materials for investors for 2021-2025 [electronic resource]. URL: https://ir.mts.ru/investors/financial_center/financial_results (date of access: 04/19/2026).
12. X5 Group. Financial and operational results; financial statements for 2021-2025 [electronic resource]. URL: https://www.x5.ru/en/investors/financial-and-operational-results/; https://www.x5.ru/en/investors/financial-statements/ (date of issue: 04/19/2026).
13. Bank of Russia. Dynamics of the official US dollar exchange rate; Key rate of the Bank of Russia [Electronic resource]. URL: https://www.cbr.ru/currency_base/dynamics/; https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/ (date of access: 04/19/2026).
14. Rosstat. Consumer price Index [Electronic resource]. URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/price (date of request: 04/19/2026).

Институциональная трансформация отечественного рынка инновационных инвестиций в условиях технологического суверенитета

Шушунова Татьяна Николаевна
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, serg-1167@yandex.ru,

Шпилькина Татьяна Анатольевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, luk-72@mail.ru,

Гринев Никита Николаевич
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, grinev.n@yandex.ru,

Николаева Наталья Юрьевна
кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,ny1563@yandex.ru

Представленная статья авторского коллектива посвящена комплексному анализу тенденций инвестирования в инновации в России в условиях санкционного давления и цифровой трансформации. Показано, что на фоне сжатия рынка происходит структурный сдвиг в пользу зрелых стадий и частных венчурных фондов. Выявлено, что доминирование государственного финансирования НИОКР при слабой абсорбционной способности бизнеса тормозит коммерциализацию инноваций, особенно в секторе ИИ. Рассмотрены новые институциональные формы — рынок ЦФА и формирование pre-IPO конвейера. Отдельное внимание уделено превращению искусственного интеллекта из объекта инвестиций в инструмент портфельного управления, что создаёт риски недооценки прорывных инноваций. Обоснована необходимость ускоренного принятия закона о венчурных инвестициях, развития долевых ЦФА и перераспределения финансирования НИОКР в пользу частного бизнеса. Сделан вывод, что только целостная связка опционов, абсорбции и эволюционного отбора обеспечит условия для дальнейшего развития инновационной политики.

Ключевые слова: реальные опционы, абсорбционная способность, цифровые платформы, венчурный капитал, искусственный интеллект, суверенитет.

Введение

Попытка выявить тенденции развития инвестирования в инновации в цифровой экономике с помощью какой-либо одной, пусть даже самой глубокой теоретической модели невозможно. Платформы и экосистемы переформатируют привычные представления о рынках, границах фирмы и природе капитала. Традиционные финансовые модели, основанные на дисконтирование прогнозируемых денежных потоков, дают систематический сбой: в мире, где базовые параметры от величины будущих денежных потоков до адекватной ставки дисконтирования погружены в состояние радикальной неопределённости, оказываются не компасом, а фикцией. Поэтому наиболее оптимальным решением в последние годы стали попытки найти не одну «главную» теорию, а их множественный синтез.

Фундамент такого подхода был заложен ещё Йозефом Шумпетером, чья теория экономического развития [14] вывела фигуру предпринимателя-инноватора из тени неоклассического равновесия. Именно Й. Шумпетер научил смотреть на инновации не как на спокойный технологический дрейф, а как на процесс «созидательного разрушения», в котором новые комбинации ресурсов подрывают старые структуры и создают качественно новые траектории роста. Шумпетерианская логика изначально содержит в себе нелинейность и непредсказуемость: инвестиции в инновации. Это не рутинное наращивание капитала, а ставка на дискретные сдвиги, исход которых невозможно просчитать. В эпоху экономики данных эта логика получает второе дыхание: цифровые компании воспроизводят акт «созидательного разрушения» не эпизодически, а постоянно, превращая собственные платформы в арену непрерывного комбинаторного экспериментирования.

Современная цифровая экономика базируется не на индивидуальных предпринимательских усилиях, а на командных эффектах. Этот пробел в значительной мере закрывает теория эндогенного роста Пола Ромера [22], предложившая решение загадки возрастающей отдачи от инвестиций в знания. Ключевое различие, введённое П. Ромером, – трактовка технологического знания как неконкурентного и лишь частично исключаемого блага. Она объясняет, почему инвестиции в исследования и разработки на уровне отдельных фирм генерируют положительные эффекты для всей экономики. В экосистемах и цифровых платформах этот механизм выглядит почти осязаемо: данные о поведении пользователей и программный код, однажды созданные внутри платформы, мгновенно распространяются по всей экосистеме и становятся ресурсом для множества комплементарных инноваций. Таким образом теория П. Ромера позволяет понять, почему инвестиции в цифровые инновации не подчиняются логике убывающей предельной производительности. Каждый новый пользователь, каждая единица данных не исчерпывают, а, напротив, обогащают уже накопленный интеллектуальный капитал платформы.

Если Й. Шумпетер и П. Ромер объясняют внутреннюю динамику и макроэкономические эффекты инновационной деятельности, то для понимания того, как именно фирмы справляются с управлением потоками новых данных в условиях открытой архитектуры цифровых рынков, нам необходимо обратиться к теории открытых инноваций Генри Чесбро [13]. В классической теории Г. Чесбро инновационный процесс перестаёт быть замкнутым внутри корпоративных лабораторий и превращается в проницаемую мембрану, через которую идеи, технологии и компетенции циркулируют между фирмой и внешней средой. Для инвестиционного анализа это смену подходов к принятию решений: оцениваться должен не только и не столько внутренний научно-исследовательский портфель компании, сколько ее способность эффективно управлять потоками знаний, входящих через поглощение стартапов, лицензирование, партнёрства с университетами и разработчиками и исходящих через спин-оффы, открытые API и передачу части технологий экосистеме. В платформенной экономике, где граница между компанией и ее экосистемой размыта, следование логике закрытых инноваций становится прямым инвестиционным риском, а способность выстраивать «архитектуру открытости» является ключевым нематериальным активом (НМА), который трудно оценить стандартными метриками.

Способность извлекать выгоду из открытости не является автоматической. Она требует такого уровня развития компании, который исследователи У. Коэн и Д. Левинталь назвали абсорбционной способностью

[18]. Эта концепция описывает умение фирмы распознавать ценность новой внешней информации, ассимилировать ее и применять в коммерческих целях. Применительно к тенденциям развития механизмов инвестирования в инновации последних лет в условиях турбулентности, переживаемой российским рынком, абсорбционная способность компании превращается, пожалуй, в главный индикатор жизнеспособности экосистемы. Фирма, не обладающая ею, обречена либо на изоляцию и стагнацию, либо на бездумное копирование внешних инновационных решений без их адаптации и развития.

Взгляд на инновационные проекты не как на необратимые обязательства, а как на портфель опционов – прав, но не обязанностей осуществить последующие инвестиции, кардинально меняет логику принятия решений в концепции реальных опционов, предложенной Стюартом Майерсом [20]. Для цифровых компаний, инвестирующих часто даже не в продукты, а в инфраструктурные возможности этот подход уже является повседневной практикой. Именно реальные опционы позволяют объяснить рациональность, на первый взгляд, убыточных вложений в экспериментальные сервисы, сбор данных или выращивание сообщества разработчиков на самых ранних этапах цифровых стартапов, когда реальные денежные потоки стремятся к нулю.

Эволюционная теория Р. Нельсона и С. Уинтера использует институциональный подход к механизмам инвестирования и помещает в центр инвестиционного анализа в сфере инноваций не гипотетическую фирму, мгновенно находящую оптимальную точку на кривой издержек, а реальные организации с их инерционными рутинами, несовершенными процедурами поиска и механизмами отбора стартапов на рынках [8]. В цифровой экономике рутины обработки пользовательских данных и алгоритмического принятия решений мутируют, рекомбинируются и проходят жёсткий отбор, где критерием выступает не столько сиюминутная прибыль, сколько масштабируемость и способность пережить волну «созидательного разрушения», запущенного соседней платформой.

Теоретические подходы к механизмам инвестиционного анализа в сфере инноваций не просто сосуществуют, а дополняют друг друга в единой системе. Их совместное применение позволяет увидеть более полную и объёмную картину, как макроэкономические эффекты эндогенного роста цифровой экономики преломляются в микроэкономических решениях цифровых компаний об открытости, развитии абсорбционных способностей и портфельном управлении реальными опционами. В России ускоренная трансформация цифровых рынков, вынужденное импортозамещение технологических решений и активное переформатирование экосистем вокруг сохранившихся и новых цифровых платформ показывает необходимость глубокого переосмысления теоретических подходов к инновационным решениям.

Структурные сдвиги на российском венчурном рынке под воздействием макроэкономических факторов

Цифры, характеризующие российский венчурный рынок 2025 года, показывают пример сдвига в опционной теории инвестиций в инновации. По различным оценкам, объём рынка в долларовом выражении сократился на 10–18% и составил от 146 до 159 млн долл. (около 12,2 млрд руб.), а количество сделок упало на 25–42% [5]. Однако, внутри этого сжавшегося пространства доля раундов поздних стадий достигла 48% по объёму инвестиций, хотя по числу сделок такие кейсы не превышали 10% [5]. Наблюдается классическое исполнение реальных опционов по С. Майерсу [20]: инвесторы массово отказываются покупать неопределённость на ранних стадиях и переходят к проектам, в которых технологический риск уже в значительной мере снят. При ключевой ставке Банка России, державшейся на протяжении более года на уровне 21%, альтернативная стоимость раннего опциона стала запредельной, и рынок почти автоматически сместился вправо, где просматривается страйк-цена будущего масштабирования.

Этот дрейф не является уникально российским феноменом. Глобальные расходы на НИОКР, по данным ВОИС, в 2024 году достигли 2,87 трлн долл., увеличившись почти на 3% по сравнению с 2023 годом [23]. При этом региональная структура расходов претерпевает фундаментальный сдвиг: Азия обеспечивает уже около 45% мирового НИОКР, тогда как Северная Америка – 28%, а Европа – 20% [23] (рис. 1). Китай и США практически сравнялись по абсолютным объёмам: 785,9 млрд долл. против 781,8 млрд долл. [24]. С позиций П. Ромера [22] это означает, что в мире формируются два гигантских пула неконкурентных знаний, каждый из которых генерирует положительные эффекты для своих экосистем.

Для России, чьи внутренние затраты на НИОКР в 2024 году составили 1,88 трлн руб. (**9 место** в мире по ППС), но чья интенсивность – всего 0,93–1,0% ВВП [7], – риск оказаться вне этих переливов становится всё более острым.

Рис. 1. Данные по мировому рынку расходов стран на НИОКР

Структурный дисбаланс усугубляет проблему. В России свыше 65% всех расходов на НИОКР финансируется государством, тогда как в странах ОЭСР доля бизнеса достигает 74%, а в США – 78,4%, в Китае – 77,7%, в Южной Корее – 79,2% [24]. В теории У. Коэна и Д. Левинталя [18] способность фирмы распознавать, усваивать и коммерциализировать внешние знания является побочным продуктом её собственных исследований. Компании, не инвестирующие в R&D, не могут ни адекватно оценить чужую технологию, ни встроить её в свои процессы. Российский бизнес, привыкший к государственному патронажу, систематически не нарабатывает абсорбционную способность. Поэтому даже значительные бюджетные вливания в науку не конвертируются в рыночные инновации.

Российский сектор искусственного интеллекта (ИИ) также доказывает этот вывод. Почти половина всего объёма венчурных инвестиций 2025 года – 45 сделок на 70,7 млн долл. – пришлась на искусственный интеллект и машинное обучение [5]. При этом весь рынок ИИ в России оценивается в 1,9 трлн руб., но 95% выручки генерируют всего 5 компаний [5]. С точки зрения концепции Г. Чесбро [13], это крайне концентрированная модель открытых инноваций, где основными бенефициарами переливов знаний становятся несколько доминирующих платформ. Инвестиционные мега-раунды – это приобретение долей в исключительно редком ресурсе: командах, способных разбираться и масштабировать генеративный ИИ. Остальные участники рынка, даже обладая капиталом, не в состоянии ни оценить, ни интегрировать подобные активы именно из-за дефицита абсорбционной способности. Тем не менее сама турбулентность порождает и новые организационные формы.

Рынок цифровых финансовых активов (ЦФА) – едва ли не самый яркий пример шумпетерианского «созидательного разрушения» в современных российских условиях. По данным ЦБР, в 2025 году объём первичных размещений ЦФА достиг 1,65 трлн руб., почти втрое превысив показатель предыдущего года, а число зарегистрированных пользователей платформ превысило 757 тыс. [2]. Система, лишённая привычных каналов трансграничного капитала, породила новую организационную рутину привлечения финансирования: банки регистрируют платформы – операторы информационных систем, эмитенты тестируют долговые ЦФА, а малый и средний бизнес рефинансирует до 37% погашенных выпусков через новые размещения [2]. Банк России, со своей стороны, не пытается выбрать победителя, а создаёт нормативный каркас, запланированный к 1 июля 2026 года, следуя скорее роли создателя среды, чем административного контролера [3].

Структурный сдвиг 2025 года произошел и с точки зрения состава инвесторов. Впервые крупнейшим источником венчурного капитала стали не бизнес-ангелы и не государственные институты развития, а частные венчурные фонды, совокупно вложившие 8,7 млрд руб. против 3,9 млрд руб. у бизнес-ангелов [4]. Эти изменения опираются на концепцию опционов: ангельские инвестиции, всегда бывшие классическим ранним опционом, стали слишком дороги при высокой ставке, и капитал перетёк к институциональным игрокам, предпочитающим зрелые и менее волатильные активы. Среди частных фондов выделяется Softline Venture Partners – корпоративный фонд группы Softline, работающий с 2008 года, с портфелем более чем из 20 компаний и объявленными планами вложить до 3 млрд руб. в продуктовые B2B SaaS-стартапы [5].

Ключевое преимущество фонда – отраслевая экспертиза материнской компании, которая позволяет не просто покупать опционы, но и исполнять их, обеспечивая портфельным стартапам доступ к клиентской базе и каналам дистрибуции. Это практическая реализация идеи Г. Чесбро о входящих потоках знаний: экосистема Softline открыта для внешних технологий, но не пассивно. Она активно «втягивает» их, опираясь на собственную абсорбционную способность.

Фонд «Восход», якорным инвестором которого выступил холдинг «Интеррос» Владимира Потанина, представляет собой ещё более амбициозную попытку соединить промышленный и венчурный капитал. Под управлением фонда – около 18 млрд руб., портфель из порядка 40 технологических компаний, а совокупный объём осуществлённых инвестиций достиг 7 млрд руб. [6]. Фонд целенаправленно работает с проектами в сфере глубоких технологий поздних стадий. Среди наиболее значимых активов – производитель алмазных пластин New Diamond Technology (1 млрд руб. за 40,7% капитала), разработчик безэкипажных судов Flymar

(100 млн руб.) и создатель отечественного кохлеарного импланта Elvis C (305 млн руб.). Такой подход воплощает тройную сцепку ***«опцион – абсорбция – отбор»:*** инвестиции осуществляются тогда, когда технологический риск уже частично снят, а промышленная экспертиза якорного инвестора позволяет не просто ожидать выхода на IPO, но и активно помогать проекту масштабироваться, ужесточая при этом селекцию.

Государство не уходит с рынка, но видоизменяет своё присутствие. Sk Capital управляет несколькими венчурными фондами и в 2025 году провела серию сделок в секторах облачного видеонаблюдения, кибербезопасности и промышленного программного обеспечения [9]. Фонд привлекает профессиональных управляющих, что отчасти страхует инновационную систему от главной эволюционной ловушки – превращения инноваций в имитации под административным давлением.

Рынок бизнес-ангелов, несмотря на сокращение абсолютных объёмов, остаётся критически важным генератором разнообразия – шумпетерианской «изменчивости», которая поставляет материал для отбора. На Российском венчурном форуме 2025 года звание «Бизнес-ангела года» получил Мартин Кольхаузер – за продвижение международного сотрудничества и вклад в стартап-экосистему [10]. Среди других заметных фигур – Павел Черкашин, портфель которого охватывает проекты, претендующие на изменение целых секторов экономики. Такие инвесторы, действуя часто вопреки макроэкономической логике, создают избыточную изменчивость, без которой эволюционный процесс в концепции Р. Нельсона и С. Уинтера лишается сырья.

Отраслевая структура спроса на инновации в отечественной экономике в 2025–2026 годах остается высококонцентрированной. «Поддержка фундаментальных, прикладных научных исследований и разработок, их внедрение и применение в практической плоскости становится приоритетной задачей нашей страны» [12]. Информационные технологии, искусственный интеллект, импортозамещение и финтех притягивают львиную долю капитала [4]. С одной стороны, это отражает объективные технологические приоритеты. С другой – такая концентрация чревата эффектом «перенаселённой популяции» в одних сегментах при недоинвестировании других, что с эволюционной точки зрения снижает адаптационный потенциал всей системы.

Важной институциональной инновацией стало подписание в апреле 2026 года меморандума между СПБ Биржей, венчурной компанией «Якутия», краудинвестинговой платформой Brainbox.VC и Московским венчурным фондом. Фактически формируется сквозной конвейер от регионального стартапа до публичного размещения [11]. Brainbox.VC, через которую уже привлечено более 551 млн руб. и зарегистрировано свыше 20 тыс. пользователей, открывает розничному инвестору доступ к тому классу активов, который прежде был зарезервирован за институциональными инвесторами. В терминах Г, Чесбро, это расширение «воронки» открытых инноваций за счёт вовлечения массового инвестора. Если модель приживется, она способна частично смягчить острейшую для России проблему дефицита длинных денег и одновременно распределить риски ранних опционов среди множества держателей.

Искусственный интеллект как инструмент инвестора

Ранее ИИ был рассмотрен преимущественно как объект инвестиций. Однако, не менее значима его растущая роль в качестве инструмента, а в перспективе – и субъекта самого инвестиционного процесса. Эта тенденция созвучна сразу нескольким из рассмотренных теорий. С позиций П. Ромера, алгоритмы, обученные на данных о стартапах, сами становятся неконкурентным знанием: однажды созданная модель может быть многократно использована разными фондами без исчерпания. С точки зрения У. Коэна и Д. Левинталя, внедрение ИИ-инструментов требует от инвестиционных компаний собственной цифровой абсорбционной способности. Без команды, понимающей машинное обучение, даже самый совершенный алгоритм останется чёрным ящиком. На этапе отбора проектов ИИ уже сегодня способен одновременно анализировать тысячи стартапов, обрабатывая патентные базы, научные публикации, профили основателей в профессиональных сетях и финансовую отчётность. В отличие от ручного скоринга, страдающего от когнитивных искажений, алгоритмы выявляют закономерности, недоступные человеческому глазу, и предсказывают вероятность успеха с точностью, которая в ряде исследований превосходит экспертные оценки [19].

Однако здесь же кроется и ловушка: как показали недавние эксперименты [17], ИИ-ассистенты, обученные на финансовых метриках, систематически недооценивают прорывной инновационный потенциал, отдавая предпочтение проектам с более сильными текущими показателями выручки. Человек-эксперт, напротив, способен разглядеть перспективу в стартапе, даже ещё не вышедшем на устойчивую бизнес-модель. Этот результат объясняется теорией Й. Шумпетера как разница между инкрементальным улучшением и «созидательным разрушением»: алгоритмы пока тяготеют к первому, тогда как подлинно революционные инновации могут оставаться для них невидимыми.

Ещё более ощутимые перемены происходят в сфере комплексного аудита инновационных компаний (due diligence). Традиционная процедура проверки стартапа занимает недели и требует привлечения юристов, финансистов и отраслевых экспертов. ИИ-инструменты на базе обработки естественного языка способны сократить это время до нескольких часов, автоматически анализируя корпоративные документы, контракты, патенты и публичный цифровой след основателей [19]. Алгоритмы оценивают не только формальные показатели, но и тональность упоминаний компании в СМИ и социальных сетях, выявляя репутационные риски, которые могли бы ускользнуть от человека. К 2030 году, по прогнозам ряда аналитиков, автоматизированный аудит станет стандартной практикой, и фонды, не освоившие эти технологии, будут систематически проигрывать конкуренцию за лучшие сделки [19].

Помимо отбора и проверки, ИИ всё активнее внедряется в портфельное управление и пост-инвестиционный мониторинг. Алгоритмы позволяют в реальном времени отслеживать операционные метрики компаний, сравнивать их с показателями по отрасли, прогнозировать кассовые разрывы и рекомендовать моменты для следующих раундов. Формируются контуры полностью алгоритмических венчурных фондов, где решения о распределении капитала принимаются на основе моделей, обученных на массивах транзакционных данных. Пока такие структуры остаются экспериментальными, однако ведущие мировые платформы уже запускают пилотные проекты [16]. В теории Р. Нельсона и С. Уинтера, это означает появление новой организационной рутины – алгоритмического отбора проектов, которая в перспективе может начать конкурировать с традиционной экспертной рутиной и даже вытеснить её в некоторых сегментах. Для России происходящие изменения несут как вызов, так и уникальное окно возможностей. С одной стороны, отечественные фонды пока заметно отстают в применении ИИ-инструментов от американских и азиатских конкурентов, что грозит закреплением в роли догоняющих. С другой – относительно небольшой масштаб российского рынка и его вынужденная изоляция могут быть использованы как полигон для отработки собственных алгоритмических решений, адаптированных к локальной специфике: русскоязычным патентным массивам, особым бизнес-моделям импортозамещения и платформенным экосистемам, выросшим в условиях санкций. Ряд отечественных компаний уже экспериментирует с NLP-моделями для анализа научных публикаций и предиктивной аналитикой на данных, накопленных институтами развития [1]. Если этот вектор получит поддержку, Россия сможет не просто сократить разрыв, но и занять заметную нишу на рынке AI-powered венчурного капитала, особенно в сегментах, связанных с суверенными технологиями.

Как показал анализ тенденций, в механизмах инвестирования в инновации намечается несколько отчётливых траекторий, каждая из которых по-своему преломляет обсуждавшиеся теоретические концепции. Одна их них направлена на дальнейшее превращение ИИ из вспомогательного инструмента в полноправного субъекта инвестиционной деятельности. Уже сегодня смарт-контракты и децентрализованные автономные организации демонстрируют способность автоматизировать управленческие функции [21]. По мере развития квантовых вычислений и приближения к сильному искусственному интеллекту, грань между инвестором-человеком и инвестором-алгоритмом рискует стать крайне размытой. Это поставит перед экономической теорией вопросы, на которые сегодня нет ответов: какова природа реального опциона, если держатель не способен к стратегическому выбору? Может ли алгоритмический агент нарабатывать абсорбционную способность?

Еще одна тенденция направлена на сращивание рынков ЦФА и венчурного капитала. Если долевые ЦФА получат полноценное регулирование и инфраструктуру, розничный инвестор сможет приобретать токенизированные доли стартапов так же, как сегодня покупает акции на бирже. Это не просто расширит круг инвесторов, но фундаментально изменит опционную логику, снизив страйк-цену и распределив риск между множеством держателей. Россия со своим экспериментом по ЦФА и уже действующей платформой Brainbox.VC имеет шанс оказаться в числе стран, где такая модель будет отлажена раньше, чем в большинстве других юрисдикций.

По оценкам McKinsey, рынок суверенного ИИ может достичь 600 млрд долл. к 2030 году, а государства планируют вложить до 1,3 трлн долл. в ИИ-инфраструктуру [15]. Россия не одинока в стремлении к технологическому суверенитету, но его невозможно обеспечить исключительно государственными вливаниями. Для этого потребовалась бы доля

НИОКР в ВВП, сопоставимая с израильской или корейской. Главный вопрос, следовательно, не в объёме бюджетных ассигнований, а в том, удастся ли в нашей стране создать среду, в которой бизнес начнет инвестировать в инновации по собственной инициативе.

Перечисленные сценарии не являются взаимоисключающими. Для России практическая задача состоит в том, чтобы уже сейчас начать выстраивать институты, которые позволят органично войти в этот будущий ландшафт. Речь идёт о скорейшем принятии федерального закона о венчурных инвестициях, о расширении сети pre-IPO комитетов, о целенаправленном развитии долевых ЦФА и о системных усилиях по перераспределению финансирования НИОКР в пользу частного бизнеса.

Заключение

В ближайшие годы ИИ не просто останется главным объектом инвестиций, но фундаментально изменит сам процесс отбора и сопровождения стартапов. Квантовые технологии, демографические сдвиги, токенизация венчурного капитала и геополитическая фрагментация нарисуют новую карту инновационных инвестиций. Россия имеет шанс найти на этой карте собственную нишу, но лишь при условии, что уже сегодня начнёт целенаправленно выращивать недостающие элементы: частную абсорбционную способность, рыночные механизмы отбора и институциональную среду, в которой опционы на будущее не превращаются в дорогостоящие фикции.

Литература

1. Аналитический центр при Правительстве РФ. Применение технологий искусственного интеллекта в инвестиционном анализе: российский и зарубежный опыт. – М.: АЦ, 2025. – 58 с.
2. Банк России. Обзор рынка цифровых финансовых активов за 2025 год. – М.: ЦБ РФ, 2026. URL: https://cbr.ru/analytics/digest/
3. Банк России. Перспективы рынка криптовалют: предложения Банка России // ЦБ РФ, 2025. 23 декабря. URL: https://cbr.ru/eng/press/event/?id=17399
4. Венчурный рынок качественно трансформируется // Инвест- Форсайт. 26 сентября 2025. URL: https://if24.ru/venchurnyj-rynok-transformiruetsya/
5. Венчурный рынок РФ упал на 10% по итогам прошлого года, 18 февраля 2026. // Национальная банковский журнал. URL: https://nbj.ru/news/venchurnyy-rynok-rf-upal-na-10-po-itogam/72164/
6. Фонд «Восход» запустил новую платформу для инвестиций в технологические компании // Слияния и поглощения в России 2025. 15 сентября. URL: https://mergers.ru/news/voshod-platforma
7. Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. Индикаторы науки: 2025: статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2025. – 356 с.
8. Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. – М.: Дело, 2002. – 536 с.
9. Официальный сайт Сколково // Sk Capital. URL: https://sk.capital
10. Российский венчурный форум – 2025. Итоги. – Казань, 2025. URL: https://russianventureforum.ru
11. Российский венчурный форум. Инвесткомитет АИРР на РВФ-2026: стартапы выходят на сделки из регионов // Russianventureforum.ru. 2026. 16 апреля. URL: https://russianventureforum.ru/news/investkomitet-2026
12. Ускорение инновационного развития региона: социально-экономические аспекты / И.А. Аксенов, Л.З. Байгузина, Ю.С. Босакевич [и др.]. – М.: ООО "Русайнс", 2024. – 330 с.
13. Чесбро Г. Открытые инновации. – М.: Поколение, 2007. – 336 с.
14. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
15. African News Agency. BRICS+ Series: Advancing Independent AI Innovation // Africannewsagency.com. 2025. 25 июня. URL: https://africannewsagency.com/brics-ai-sovereignty
16. CB Insights. State of AI in Venture Capital: How Algorithms Are Reshaping the Investment Landscape. – N.Y.: CB Insights, 2025. – 42 p.
17. Chen X., Ren J. Betting on Success: Unveiling the Role of Innovation and Financing Capability on Funding Decisions by Human vs. AI Evaluators // Economics Letters. 2025. Vol. 256. P. 112605.
18. Cohen W.M., Levinthal D.A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation // Administrative Science Quarterly. 1990. Vol. 35, No. 1. P. 128–152.
19. LVL UP VC. How AI Is Reshaping Due Diligence at the Seed Stage // Lvlup.vc. 2026. 2nd of March. URL: https://lvlup.vc/articles/ai-due-diligence
20. Myers S.C. Determinants of Corporate Borrowing // Journal of Financial Economics. 1977. Vol. 5, No. 2. P. 147–175.
21. OECD. Artificial Intelligence in Science and Innovation: Policy and Investment Trends. – Paris: OECD Publishing, 2025. 114 p. URL: https://doi.org/10.1787/ai-science-2025-en
22. Romer P.M. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. Vol. 98, No. 5. P. S71–S102.
23. WIPO. End of Year Edition – Despite the Odds, Global R&D Spending Grew Again in 2024. – Geneva: WIPO, 2025. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/
24. WIPO. Global Innovation Index 2025. – Geneva: WIPO, 2025. URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/

Institutional transformation of the domestic innovation investment market under technological sovereignty

Shushunova T.N., Shpilkina T.A., Grinev N.N., Nikolaeva N.Yu.
D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, □20

This article provides a comprehensive analysis of innovation investment trends in Russia under the pressure of sanctions and digital transformation. It is shown that, amid market contraction, a structural shift is occurring in favor of mature-stage companies and private venture capital funds. It is revealed that the dominance of public R&D funding, coupled with the weak absorptive capacity of businesses, hinders the commercialization of innovations, particularly in the AI sector. New institutional forms are examined—the digital financial asset market and the formation of a pre-IPO pipeline. Special attention is paid to the transformation of artificial intelligence from an investment object into a portfolio management tool, which creates the risk of undervaluing breakthrough innovations. The article substantiates the need for accelerated adoption of a law on venture capital investments, the development of equity digital financial assets, and the redistribution of R&D funding in favor of private businesses. It is concluded that only a holistic approach to options, absorption, and evolutionary selection will ensure the conditions for the further development of innovation policy.

Keywords: real options, absorption capacity, digital platforms, venture capital, artificial intelligence, sovereignty.

References

1. Analytical Center under the Government of the Russian Federation. Application of Artificial Intelligence Technologies in Investment Analysis: Russian and Foreign Experience. – Moscow: AC, 2025. – 58 pp.
2. Bank of Russia. Digital Financial Assets Market Review for 2025. – Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2026. URL: https://cbr.ru/analytics/digest/
3. Bank of Russia. Cryptocurrency Market Prospects: Bank of Russia's Proposals // Cbr.ru. 2025. December 23. URL: https://cbr.ru/eng/press/event/?id=17399
4. The venture capital market is undergoing a qualitative transformation // Invest-Foresight. 2025. September 26. URL: https://if24.ru/venchurnyj-rynok-transformiruetsya/
5. The Russian venture capital market fell by 10% last year, on February 18, 2026. // National Banking Journal. URL: https://nbj.ru/news/venchurnyy-rynok-rf-upal-na-10-po-itogam/72164/
6. The Voskhod Foundation has launched a new platform for investing in technology companies // Mergers and Acquisitions in Russia 2025. September 15. URL: https://mergers.ru/news/voshod-platforma
7. Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge at the Higher School of Economics. Science Indicators: 2025: Statistical Collection. Moscow: Higher School of Economics, 2025. 356 pp.
8. Nelson R., Winter S. Evolutionary Theory of Economic Change. Moscow: Delo, 2002. 536 pp.
9. Skolkovo official website // Sk Capital. URL: https://sk.capital
10. Russian Venture Forum – 2025. Results. – Kazan, 2025. URL: https://russianventureforum.ru
11. Russian Venture Forum. AIFR Investment Committee at RVF-2026: Startups Entering Deals from the Regions // Russianventureforum.ru. 2026. April 16. URL: https://russianventureforum.ru/news/investkomitet-2026
12. Accelerating the Innovative Development of the Region: Socio-Economic Aspects / I.A. Aksenov, L.Z. Baiguzina, Yu.S. Bosakevich [et al.]. Moscow: Rusains LLC, 2024. 330 pp.
13. Chesbro G. Open Innovation. Moscow: Generation, 2007. 336 pp.
14. Schumpeter, J.A. Theory of Economic Development. Moscow: Progress, 1982. 455 pp.
15. African News Agency. BRICS+ Series: Advancing Independent AI Innovation // Africannewsagency.com. 2025. 25 июня. URL: https://africannewsagency.com/brics-ai-sovereignty
16. CB Insights. State of AI in Venture Capital: How Algorithms Are Reshaping the Investment Landscape. – N.Y.: CB Insights, 2025. – 42 pp.
17. Chen X., Ren J. Betting on Success: Unveiling the Role of Innovation and Financing Capability on Funding Decisions by Human vs. AI Evaluators // Economics Letters. 2025. Vol. 256. S. 112605.
18. Cohen W.M., Levinthal D.A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation // Administrative Science Quarterly. 1990. Vol. 35, No. 1. S. 128–152.
19. LVL UP VC. How AI Is Reshaping Due Diligence at the Seed Stage // Lvlup.vc. 2026. 2nd of March. URL: https://lvlup.vc/articles/ai-due-diligence
20. Myers S.C. Determinants of Corporate Borrowing // Journal of Financial Economics. 1977. Vol. 5, No. 2. S. 147–175.
21. OECD. Artificial Intelligence in Science and Innovation: Policy and Investment Trends. – Paris: OECD Publishing, 2025. 114 pp. URL: https://doi.org/10.1787/ai-science-2025-en
22. Romer P. M. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. 1990. Vol. 98, No. 5. S. S71–S102.
23. WIPO. End of Year Edition – Despite the Odds, Global R&D Spending Grew Again in 2024. – Geneva: WIPO, 2025. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/
24. WIPO. Global Innovation Index 2025. – Geneva: WIPO, 2025. URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/

Историографический обзор развития промышленной политики в СССР и Российской Федерации

Акчурин Расим Ильнурович
аспирант, Институт экономики и управления промышленными предприятиями имени В.А. Роменца, Университет науки и технологий МИСИС (НИТУ «МИСИС), rasim.tri23@yandex.ru

В статье представлен историографический анализ эволюции концепций и практики промышленной политики на территории СССР и Российской Федерации в XX–XXI веках. На основе систематизации научной литературы выделены основные этапы формирования отечественной школы исследования промышленной политики: дореформенный советский, переходный постсоветский и современный рыночно-государственный. Выявлены ключевые теоретические подходы, определившие содержание дискуссий о роли государства в управлении промышленным развитием. Установлено, что современная российская промышленная политика синтезирует элементы советского планирования, либеральных реформ 1990-х годов и экономических практик зарубежных государств.
Ключевые слова: промышленная политика, историография, СССР, Российская Федерация, индустриализация, государственное регулирование, региональная экономика, экономическая история.

Введение

Промышленная политика является одним из ключевых инструментов государственного управления экономикой, воздействующим на структуру производства, распределение ресурсов и технологическое развитие страны. Изучение историографии данного явления приобретает особую актуальность в условиях современных структурных трансформаций российской экономики, поиска эффективных механизмов достижения технологического суверенитета и обеспечения устойчивого промышленного роста.

Интерес исследователей к проблематике промышленной политики существенно возрос в последние десятилетия как в отечественной, так и в зарубежной науке. Это обусловлено как переосмыслением роли государства в экономике после мирового финансового кризиса 2008–2009 годов, так и необходимостью осмысления накопленного исторического опыта советской плановой системы и постсоветских рыночных реформ.

Целью настоящей статьи является систематизированный историографический обзор научных исследований, посвящённых развитию промышленной политики на пространстве СССР и Российской Федерации. Задачи исследования включают: выявление основных периодов в развитии историографии; характеристику господствующих теоретических концепций каждого периода; анализ трансформации подходов к оценке инструментов и целей промышленной политики.

Методологическую основу исследования составляют историко-генетический, сравнительно-исторический и системный методы анализа научной литературы. Источниковая база включает монографии, диссертационные исследования, статьи в ведущих рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК и базы данных РИНЦ, Scopus, Web of Science.

Теоретические основы историографического анализа промышленной политики

В современной экономической науке под промышленной политикой понимается система мер государственного воздействия на отраслевую структуру экономики с целью стимулирования её технологической модернизации, повышения конкурентоспособности и обеспечения структурных сдвигов в пользу приоритетных секторов [1]. При этом в научной литературе нет единого определения данного понятия, что само по себе отражает историческую эволюцию взглядов на роль государства в экономике.

В историографии промышленной политики принято выделять несколько конкурирующих теоретических традиций. Первая — восходящая к меркантилизму и получившая развитие в работах немецкой исторической школы (Ф. Лист), — обосновывает необходимость активного государственного вмешательства в промышленное развитие. Вторая — либеральная, основанная на принципах сравнительных преимуществ (Д. Рикардо) и рыночного саморегулирования, — ставит под сомнение эффективность селективной промышленной политики.

В отечественной экономической мысли указанная полемика приобрела особую остроту в советский период, когда государственное регулирование промышленности было возведено в ранг идеологической доктрины. Как справедливо отмечает Д. Б. Кувалин, «советская экономическая мысль развивалась в условиях жёсткой идеологической детерминированности, что существенно ограничивало критический анализ механизмов промышленного планирования» [2, с. 47].

Важным вкладом в историографию стали работы представителей неоинституционального направления (Д. Норт, О. Уильямсон), акцентировавших внимание на роли институциональной среды в формировании промышленной политики. Применительно к российской специфике этот подход развивался в трудах В. М. Полтеровича, который обосновал концепцию «институциональных ловушек», существенно осложняющих проведение последовательной промышленной политики в переходных экономиках [3].

Результаты исследования

Историография советской промышленной политики охватывает несколько качественно различных подпериодов. В период 1920-х годов в СССР развернулась масштабная дискуссия между сторонниками умеренной индустриализации (Н. И. Бухарин, А. В. Чаянов) и радикального ускорения промышленного развития (Е. А. Преображенский, Л. Д. Троцкий). Принятие первого пятилетнего плана (1928–1932) ознаменовало

победу концепции форсированной индустриализации и заложило основы советской традиции промышленного планирования.

В 1930–1950-е годы отечественная экономическая мысль в части промышленной политики развивалась преимущественно в рамках апологетики плановой системы. Научная дискуссия о методах планирования и отраслевых приоритетах велась в сугубо прикладном ключе. Значимым исключением являлись работы экономистов-«рыночников», которые в условиях хрущёвской оттепели получили возможность ставить вопросы об эффективности отраслевого управления (В. В. Новожилов, Л. В. Канторович).

Нобелевская премия Л. В. Канторовича (1975) стала признанием вклада советской математической школы в разработку методов оптимального отраслевого планирования. Его труды по линейному программированию заложили теоретическую базу для последующих дискуссий о критериях эффективности промышленной политики [4]. Параллельно развивалась региональная школа экономического анализа (Н. Н. Некрасов, А. Г. Гранберг), акцентировавшая проблематику пространственного распределения промышленных мощностей.

В 1960–1980-е годы советская историография промышленной политики всё более смещалась в сторону критического переосмысления сложившихся механизмов управления. В работах академика А. Г. Аганбегяна и его новосибирской школы ставились острые вопросы о нарастании структурных диспропорций в советской промышленности, снижении инновационной восприимчивости, падении фондоотдачи [5]. Концепция «интенсификации производства» стала попыткой теоретического обоснования необходимости перехода от экстенсивной к интенсивной модели промышленного развития.

В период «перестройки» (1985–1991) отечественные исследователи получили возможность открыто обсуждать системные пороки советской промышленной политики. Работы Л. И. Абалкина, Г. А. Явлинского, С. С. Шаталина, подготовившего знаменитую программу «500 дней», обозначили контуры дискуссии о путях реформирования промышленности. В этих текстах впервые была поставлена под сомнение сама концепция государственно-централизованной промышленной политики как основы экономического управления.

Распад СССР и переход к рыночной экономике породили новую историографическую ситуацию: советская плановая система стала объектом ретроспективной критики, тогда как сама проблема промышленной политики на первых порах оказалась на периферии академического дискурса. Доминировавшая в начале 1990-х годов либерально-монетаристская концепция «вашингтонского консенсуса» в принципе отрицала необходимость активной промышленной политики, рассматривая отраслевые приоритеты государства как источник коррупции и экономических искажений.

Тем не менее уже к середине 1990-х годов масштабная деиндустриализация российской экономики, сопровождавшаяся катастрофическим падением промышленного производства (по различным оценкам, на 40–60% в наиболее пострадавших отраслях), привела к интенсификации теоретических исследований причин промышленного спада и условий его преодоления. Д. С. Львов и его коллеги из ЦЭМИ РАН обосновали концепцию «технологических укладов» применительно к российской экономике и поставили вопрос о необходимости государственной поддержки перехода к шестому технологическому укладу [6].

Существенный вклад в историографию переходного периода внесли исследования структурных изменений в российской промышленности, выполненные под руководством Е. Г. Ясина. В коллективной монографии «Российская экономика в 1992 году» и последующих ежегодных докладах Высшей школы экономики фиксировались масштабы структурной трансформации и ставились вопросы о её социально-экономических последствиях.

Финансовый кризис 1998 года стал переломным моментом в историографии российской промышленной политики: он обнажил уязвимость сырьевой модели экономического роста и реабилитировал дискуссию о необходимости целенаправленной государственной поддержки обрабатывающих отраслей. В этот период формируется исследовательская повестка, ориентированная на поиск оптимального соотношения рыночных механизмов и государственного регулирования промышленного развития — повестка, сохраняющая актуальность по сей день.

С началом 2000-х годов в российской экономической науке происходит существенное обогащение исследовательского инструментария в области промышленной политики. Это связано как с институционализацией государственного курса на«инновационный прорыв» (принятие «Стратегии развития науки и инноваций в Российской Федерации до 2015 года» в 2006 году), так и с активным освоением отечественными исследователями концепций «новой промышленной политики», разрабатывавшихся в трудах Д. Родрика, Р. Хаусманна, Б. Лундваля.

Принципиально важным событием в отечественной историографии стала публикация монографии В. М. Полтеровича и В. В. Попова «Эволюционная теория экономической политики», а также серии работ А. А. Аузана по институциональной экономике применительно к российским реалиям. В этих текстах была предпринята попытка выработать аналитический язык, адекватный специфике российской переходной экономики и позволяющий преодолеть противостояние «рыночников» и «государственников» [7].

Существенный вклад в современную историографию внесли исследования Института народнохозяйственного прогнозирования РАН (ИНП РАН). В работах А. А. Широва, М. Н. Узякова и их соавторов разрабатывались методологические основы долгосрочного прогнозирования промышленного развития России с использованием межотраслевых моделей [8]. Параллельно Институт экономики РАН (С. Д. Бодрунов, Р. С. Дзарасов) развивал критическую традицию анализа промышленной деградации и обосновывал концепцию «неоиндустриализации».

Принятие Федерального закона № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» в 2014 году стало важным рубежом как в законодательном, так и в историографическом отношении: закон впервые нормативно закрепил понятийный аппарат промышленной политики, что создало институциональную базу для системных академических исследований. В последующие годы значительно возросло число диссертационных исследований, посвящённых отдельным аспектам промышленной политики на федеральном и региональном уровнях.

В региональном измерении особый интерес представляют исследования пространственной дифференциации промышленного развития в России. Труды А. Г. Гранберга и представителей научной школы СОПС Минэкономразвития России и РАН (А. Н. Пилясов, С. А. Суспицын, Штульберг Б.М., Липина С.А., Гришина И.В. и др.) заложили основу для анализа промышленной политики как инструмента сглаживания межрегиональных диспропорций [9]. Одновременно нарастал интерес к кластерным моделям промышленного развития, инициированный работами М. Портера и адаптированный к российским условиям в трудах Т. В. Цихан и Л. С. Марков.

В контексте санкционного давления после 2014 года и особенно после 2022 года в российской историографии значительно усилился интерес к советскому опыту импортозамещения и мобилизационной экономики. Ряд исследователей (Р. Р. Белоусов, С. Ю. Глазьев) занял позицию активной реабилитации советских плановых практик, тогда как другие (Е. Г. Ясин, С. М. Гуриев) настаивали на принципиальной несовместимости мобилизационных моделей с требованиями инновационного развития.

Анализ современной историографии промышленной политики позволяет выделить несколько узловых дискуссионных проблем, по которым среди исследователей отсутствует консенсус.

Первая проблема касается оценки результативности советской индустриализации. В работах одних авторов (А. А. Безбородов, Р. У. Дэвис) она характеризуется как исторически уникальный успех, позволивший в сжатые сроки создать мощную промышленную базу. Другие исследователи (Дж. Нут, П. Грегори) акцентируют внимание на колоссальных социальных издержках советской модели и её долгосрочной нежизнеспособности. Отечественная историография до сих пор в значительной мере определяется этим ценностным расколом.

Вторая проблема связана с интерпретацией причин деиндустриализации 1990-х годов. Либеральное направление (Е. Г. Ясин, Р. М. Нуреев) рассматривало её как неизбежную коррекцию структурных деформаций советской экономики. Структуралистское направление (Д. Е. Сорокин, А. И. Татаркин) квалифицировало деиндустриализацию как катастрофическое разрушение производительных сил, нанёсшее долгосрочный ущерб технологическому потенциалу страны [10]

Третья, наиболее актуальная дискуссия разворачивается вокруг соотношения «вертикальной» (отраслевой) и «горизонтальной» (институциональной) промышленной политики. Сторонники «вертикального» подхода (С. Ю. Глазьев, В. Е. Дементьев) обосновывают необходимость целенаправленного государственного отбора приоритетных отраслей и секторов. Их оппоненты (В. М. Полтерович, А. Н. Клепач) подчёркивают важность создания универсальных институциональных условий для промышленного развития, избегая отраслевого фаворитизма.

Заключение

Проведённый историографический обзор позволяет сформулировать ряд выводов. Во-первых, историография промышленной политики в СССР и России прошла сложный путь от идеологически детерминированной апологетики планового хозяйства через либеральный скептицизм переходного периода к современному многоаспектному дискурсу, синтезирующему различные теоретические традиции.

Во-вторых, каждый крупный исторический перелом — форсированная индустриализация 1930-х, экономические реформы 1960-х, «шоковая терапия» 1990-х, санкционное давление 2010-х — порождал качественные сдвиги в исследовательской повестке, вводя в оборот новые концепции и переоценивая предшествующий опыт.

В-третьих, современная российская историография промышленной политики характеризуется методологическим плюрализмом и острой дискуссионностью по ключевым вопросам, что отражает как сложность самого явления, так и незавершённость формирования консенсусной модели государственного управления промышленным развитием.

В-четвёртых, перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка интегральных аналитических рамок, сочетающих институциональный, пространственный и технологический подходы к анализу промышленной политики. Особую ценность имеет компаративистский анализ советского и постсоветского опыта с учётом практики успешных индустриальных стратегий — Японии, Южной Кореи, Китая. Таким образом, историографический анализ развития промышленной политики в СССР и России открывает возможности для углублённого изучения механизмов государственного управления промышленностью и выработки научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию промышленной политики в условиях современных вызовов.

Литература

1. Кувалин, Д. Б. Экономическая политика и поведение предприятий: механизмы взаимного влияния / Д. Б. Кувалин. — Москва : МАКС Пресс, 2009. — 319 с.
2. Институциональные ловушки и экономические реформы / В. М. Полтерович // Экономика и математические методы. — 1999. — Т. 35, № 2. — С. 3–20.
3. Канторович, Л. В. Экономический расчёт наилучшего использования ресурсов / Л. В. Канторович. — Москва : Издательство Академии наук СССР, 1960. — 347 с.
4. Аганбегян, А. Г. Советская экономика — взгляд в будущее / А. Г. Аганбегян. — Москва : Экономика, 1988. — 254 с.
5. Львов, Д. С. Экономика развития / Д. С. Львов. — Москва : Экзамен, 2002. — 512 с.
6. Аузан, А. А. Институциональная экономика: новая институциональная экономическая теория / А. А. Аузан. — Москва : ИНФРА-М, 2011. — 447 с.
7. Широв, А. А. Развитие российской экономики в среднесрочной перспективе: риски и возможности / А. А. Широв // Проблемы прогнозирования. — 2023. — № 2 (197). — С. 6–17.
8. Гранберг, А. Г. Основы региональной экономики / А. Г. Гранберг. — Москва : Издательский дом ГУ ВШЭ, 2000. — 495 с.
9. Татаркин, А. И. Промышленная политика и механизм ее реализации: системный подход / А. И. Татаркин // Экономика региона. — 2007. — № 3. — С. 19–31. — URL: https://elar.urfu.ru/handle/10995/132778 (дата обращения: 16.04.2026).
10. Глазьев, С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. — Москва : ВлаДар, 1993. — 310 с.
11. Бодрунов, С. Д. Грядущее. Новое индустриальное общество: перезагрузка / С. Д. Бодрунов. — Санкт-Петербург : Институт нового индустриального развития им. С. Ю. Витте, 2016. — 328 с.
12. Сорокин, Д. Е. Россия перед вызовом: политическая экономия ответа / Д. Е. Сорокин. — Москва : Наука, 2003. — 236 с.
13. Дементьев, В. Теория национальной экономики и мезоэкономическая теория / В. Дементьев // Российский экономический журнал. — 1968. — № 4. — С. 71–82.

A Historiographic Review of Industrial Policy Development in the USSR and the Russian Federation

Akchurin R.I.
MISiS University of Science and Technology (NUST MISIS)

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

This article presents a historiographic analysis of the evolution of industrial policy concepts and practices in the USSR and the Russian Federation in the 20th and 21st centuries. Based on a systematic review of the scientific literature, the article identifies the main stages in the development of the Russian school of industrial policy research: the pre-reform Soviet period, the transitional post-Soviet period, and the modern market-state period. Key theoretical approaches that have shaped debates about the role of the state in managing industrial development are identified. It is established that contemporary Russian industrial policy synthesizes elements of Soviet planning, the liberal reforms of the 1990s, and the economic practices of foreign countries.

Keywords: industrial policy, historiography, USSR, Russian Federation, industrialization, government regulation, regional economy, economic history.

References

1. Kuvalin, D. B. Economic Policy and Enterprise Behavior: Mechanisms of Mutual Influence / D. B. Kuvalin. — Moscow : MAKS Press, 2009. — 319 p.
2. Polterovich, V. M. Institutional Traps and Economic Reforms / V. M. Polterovich // Economics and Mathematical Methods. — 1999. — Vol. 35, No. 2. — P. 3–20.
3. Kantorovich, L. V. Economic Calculation of the Best Use of Resources / L. V. Kantorovich. — Moscow : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960. — 347 p.
4. Aganbegyan, A. G. Soviet Economy — A View into the Future / A. G. Aganbegyan. — Moscow : Ekonomika, 1988. — 254 p.
5. Lvov, D. S. Economics of Development / D. S. Lvov. — Moscow : Ekzamen, 2002. — 512 p.
6. Auzan, A. A. Institutional Economics: New Institutional Economic Theory / A. A. Auzan. — Moscow : INFRA-M, 2011. — 447 p.
7. Shirov, A. A. Development of the Russian Economy in the Medium Term: Risks and Opportunities / A. A. Shirov // Studies on Russian Economic Development. — 2023. — No. 2 (197). — P. 6–17.
8. Granberg, A. G. Fundamentals of Regional Economics / A. G. Granberg. — Moscow : Publishing House of the State University — Higher School of Economics, 2000. — 495 p.
9. Tatarkin, A. I. Industrial Policy and Its Implementation Mechanism: A Systemic Approach / A. I. Tatarkin // Economy of Region. — 2007. — No. 3. — P. 19–31. — URL: https://elar.urfu.ru/handle/10995/132778 (date of access: 16.04.2026).
10. Glazyev, S. Yu. Theory of Long-Term Techno-Economic Development / S. Yu. Glazyev. — Moscow : VlaDar, 1993. — 310 p.
11. Bodrunov, S. D. The Coming Era. New Industrial Society: Reload / S. D. Bodrunov. — Saint Petersburg : Institute for New Industrial Development named after S. Yu. Witte, 2016. — 328 p.
12. Sorokin, D. E. Russia Facing the Challenge: Political Economy of Response / D. E. Sorokin. — Moscow : Nauka, 2003. — 236 p.
13. Dementiev, V. Theory of National Economy and Meso-Economic Theory / V. Dementiev // Russian Economic Journal. — 1968. — No. 4. — P. 71–82.

Оценка и управление стоимостью кредитного портфеля российского банка в условиях санкционной экономики

Иноземцев Александр Степанович
бакалавр, Финансовый университет при правительстве Российской федерации, alexin808r@gmail.com

В статье исследуются теоретико-методологические основы оценки и управления экономической стоимостью кредитного портфеля российских коммерческих банков в условиях санкционного давления. Обоснована необходимость перехода от статических бухгалтерских и нормативных моделей к динамической оценке, учитывающей нелинейность санкционных шоков, отраслевую асимметрию рисков и технологическую зависимость заемщиков. Предложена интегрированная модель, объединяющая скорректированные параметры вероятности дефолта (PD), потерь при дефолте (LGD) и дифференцированную ставку дисконтирования с учетом санкционной премии. Раскрыты механизмы стратегической оптимизации портфеля на основе метрик RAROC и EVA, а также сформулированы рекомендации по реструктуризации залоговой политики и диверсификации экспозиции.
Ключевые слова: кредитный портфель, санкционная экономика, оценка стоимости, риск-менеджмент, RAROC, EVA, ожидаемые кредитные потери.

Введение

При условии современной трансформации российской экономики также изменению структуры и изменения внешних шоков, ввиду высокого санкционного давления, оценка стоимости кредитного портфеля а также управление ею, становится критически важным для российских коммерческих банков. Кредитный портфель является основным активом коммерческого банка и генерируют его основную процентную доходность точка ну при условии системных изменений теряет свою стабильность и становится для внешних факторов. Модели оценки которые были откалиброваны на исторических данных в период до санкционного да утрачивают прогностическую силу. Поскольку санкционное ограничение носят структурный характер, они приводят к разрыву логистических цепочек фрагментация финансовых рынков, также вводимые технологические ограничения снижают ликвидность залоговых активов и возможности их реализации. Подобное приводит к формированию убытков которые не наблюдаются, но формируется скрытую нестабильность приводя к потере точности управления.

Целью настоящего исследования является разработка теоретико-методологических основ оценки и управления экономической стоимостью кредитного портфеля российского банка в условиях санкционной экономики. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: систематизация ограничений традиционных подходов к оценке стоимости портфеля; обоснование необходимости внедрения динамических параметров риска и санкционной премии; анализ механизмов управления стоимостью на основе риск-скорректированных метрик; формулирование стратегических рекомендаций по оптимизации портфеля. Научная новизна работы заключается в комплексном обосновании интегрированной модели оценки, учитывающей нелинейность санкционных шоков, отраслевую асимметрию рисков и необходимость дифференцированного подхода к формированию ставки дисконтирования. Методологическую основу исследования составляют теоретический анализ, системный подход, моделирование денежных потоков (DCF), оценка ожидаемых кредитных потерь (ECL) и расчёт показателей экономической добавленной стоимости (EVA) и доходности с учётом риска (RAROC).

1. Трансформация парадигмы оценки стоимости кредитного портфеля в условиях санкционных шоков

В классической банковской теории стоимость кредитного портфеля определяется через призму трёх основных подходов: бухгалтерского, нормативного и экономического.

Стоимость формируемая на основе МСФО 9 будет отражать номинальную ценность выданных кредитов без учёта резервов по ожидаемой потери. В случае перехода к предусмотрительную резервированную от модели понесённых убытков показатель будет сохранять ретроспективный характер, и реакция на изменения качества кредитного портфеля будет происходить с временным лагом. Нормативная стоимость будет определена по требованиям регулятора к достаточной величине капитала, что отражает устойчивость финансовую систему но не учитывает реальную доходность актива. Лучше всего определять стоимость кредитного портфеля через сумму дисконтированных будущих денежных потоков за вычетом ожидаемых потерь.

В условиях санкционной экономики разрыв между бухгалтерской и экономической стоимостью достигает критических значений. Санкционный шок выступает мультипликатором системных рисков, одновременно трансформируя все компоненты модели дисконтирования. Во-первых, ожидаемые денежные потоки искажаются из-за разрыва логистических и технологических цепочек, блокировки трансграничных расчётов и введения мораториев на банкротство. Компании, ранее демонстрировавшие стабильную динамику, могут оказаться в зоне риска не вследствие управленческих ошибок, а из-за экзогенных ограничений, что делает исторические финансовые коэффициенты ненадёжными индикаторами будущей платёжеспособности. Во-вторых, ставка дисконтирования теряет эталонный характер. Безрисковая ставка, традиционно основанная на доходности государственных облигаций, подвержена высокой волатильности из-за монетарных мер регулятора и ограничений на движение капитала. Рост премии за страновой риск, ликвидность и технологическую уязвимость заёмщиков требует пересмотра требуемой доходности. В-третьих, параметр потерь при дефолте радикально меняется. Залоговое обеспечение, ранее рассматриваемое как стабилизирующий

буфер, стремительно теряет ликвидность. Импортное оборудование, которое зависимо от иностранного программного обеспечения или же сервисного обслуживания, ориентировано на иностранных арендаторов коммерческой недвижимость запятая и товары в обороте которые привязаны к цепочкам поставок, которые могут быть разорваны в виду санкционного давления. Подобная залоговые активы не могут быть реализованы по рыночной стоимости что формально создаёт или же наличие залога, а также покрытие риска, тогда как фактически его нету.

Подобным образом традиционная модель оценки стоимость которые были откалиброваны на данных до 2022 года содержит внутри ошибку, которая приводит к завершению стоимости портфеля чтобы устранить подобный недостаток необходим переход от статических оценок динамическим. Приучайте структурных разрывов, а также отраслевой асимметрии санкционного воздействия для оценки необходимо сегментация портфеля на кластеры в зависимости от уязвимости. Классификация по ОКВЭД не может полностью отразить возможную зависимость и требует перехода к матрице технологического суверенитета, в которой каждый заемщик должен быть оценен через глубину интеграции в глобальной цепочке поставок. В случае игнорирования подобные детализации появляется эффект усреднения, когда устойчивый сегменты кредитного портфеля или сектора будут маскировать активы с высоким риском за счёт своего объёма тем самым формируя ложное представление о финансовой устойчивости банка.

2. Методологические основы интегрированной оценки: динамические параметры риска и санкционная премия

Для оценки стоимости кредитного портфеля необходимо объединить три ключевых элемента динамическую вероятность дефолта PD, скорректированной потери при дефолте LGD а также дифференцированную ставку дисконтирования. Поскольку вероятность дефолта больше не является исключительно финансовым показателем А приобретая геополитические и технологические измерения в новых условиях целесообразно определять вместе с санкционным коэффициентом, который тождественен страновому коэффициенту при стандартном методе расчёта вероятность дефолта. Санкционный коэффициент должен определяться отдельно для каждого заемщика в зависимости от триггеров. Степень его импортозависимости, доля выручки в валютах, доступность альтернативных цепочек поставок, технологический суверенитет бизнес-модели.

Lgd необходимо корректировать на снижение ликвидности, а также технологическую зависимость залога тем самым формируя более корректный показатель, который учитывает санкционные дисконты и ограничения на оборот активов.

$$LGD_{\text{с}}\text{кор} = 1 - \left[(V_{\text{з}}\text{алог} \times K_{\text{л}}\text{иквид} \times K_{\text{с}}\text{анкц}_{\text{з}}\text{алог} \times K_{\text{п}}\text{рав}) - C_{\text{р}}\text{асходы}\right]/EAD.$$

Коэффициент ликвидности (K_ликвид) отражает сужение вторичного рынка, а санкционный коэффициент залога (K_санкц_залог) варьируется в зависимости от типа актива: для локализованной недвижимости он близок к 1, для импортного оборудования или транспортных средств может снижаться до 0,5–0,7. Для валютных кредитов и активов с трансграничным обеспечением правовой коэффициент (K_прав) приближается к единице, что фактически приравнивает такие кредиты к необеспеченным с точки зрения экономического риска. Интеграция данных корректировок в модель позволяет избежать завышения восстановительной стоимости обеспечения и обеспечить адекватное резервирование капитала.

Завершающим элементом интегрированной модели является ставка дисконтирования, которая должна отражать альтернативную доходность капитала в условиях финансовой изоляции. Традиционные модели оценки сталкиваются с проблемой некорректного измерения безрисковой ставки и рыночной премии в условиях закрытых внешних рынков капитала. В связи с этим предлагается расширенная формула: r = R_f + RP_макро + RP_ликвид + RP_техно + RP_страна. Санкционная премия не является константой и зависит от фазы санкционного цикла (введение, адаптация, новая нормальность), отраслевой чувствительности и индивидуальных усилий заёмщика по снижению уязвимости. Применение дифференцированной ставки позволяет перейти от единого показателя стоимости портфеля к кластерной оценке, где каждый сегмент активов оценивается через призму собственного профиля риска. Агрегирование данных параметров в рамках модифицированной DCF-модели обеспечивает формирование реалистичной экономической стоимости, реагирующей на структурные изменения в режиме реального времени. Сценарный анализ (базовый, стрессовый, катастрофический) выступает необходимым дополнением, позволяющим определить диапазон неопределённости и выявить критические точки, наиболее подверженные потере ценности при эскалации внешнего давления.

3. Управление стоимостью портфеля: от оценки к стратегической оптимизации и регулированию риск-аппетита

Оценка экономической стоимости выступает не самоцелью, а навигационным инструментом для принятия управленческих решений. В условиях санкционной экономики разрыв между номинальной доходностью и реальной экономической эффективностью активов требует трансформации риск-менеджмента из пассивного мониторинга в активное управление стоимостью. Центральным метрическим инструментом в данном процессе выступает показатель доходности капитала с учётом риска (RAROC), который в новых условиях требует калибровки на стоимость санкционного капитала. Формула адаптированного RAROC включает коэффициент удорожания капитала, что создаёт естественный фильтр для кредитного комитета: сделки, ранее проходившие по целевым показателям, в условиях роста безрисковой ставки и санкционной премии могут демонстрировать отрицательную экономическую добавленную стоимость (EVA). Это обуславливает необходимость отказа от низко-маржинальных сделок и пересмотра ценовой политики для отраслей с высокой санкционной уязвимостью. Система мотивации кредитных подразделений должна быть привязана к показателям EVA, а не к объёму выдачи, что формирует поведенческий фильтр, отсекающий формально прибыльные, но экономически разрушительные активы.

Стратегическое управление стоимостью портфеля предполагает структурную оптимизацию экспозиции. Ключевым направлением выступает диверсификация не по количеству заёмщиков, а по устойчивости бизнес-моделей. Банк должен сокращать лимиты в кластерах с экспортной зависимостью, валютным дисбалансом и технологической уязвимостью, перераспределяя капитал в пользу секторов с высокой степенью локализации, ориентированных на внутренний спрос и генерирующих рублёвые денежные потоки. При этом диверсификация обязана быть проконтролировано через лимиты на отраслевые кластеры ввиду того что заёмщики находящиеся в зависимости от импортных поставщиков будут демонстрировать высокую корреляцию дефолтов. Для практической реализации подобного подхода необходимо медленно перераспределение экспозиции вместе с мониторингом ёмкостью целевых рынков а также динамики ставок устойчивых сегментов.

Важным инструментом управления стоимости будет являться реструктуризация залоговой политики, ввиду нормативного обеспечения стоимость должна быть заменена с учётом санкционных дисконтов точка благодаря внедрению матриц дифференцированных залоговых коэффициентов можно предотвратить принятие на баланс активов восстановленная стоимость при дефолте может быть ниже номинала кредита. Для заёмщиков, предоставляющих обеспечение с высоким дисконтом ликвидности, максимальный размер кредита должен ограничиваться, а процентная ставка – включать премию за повышенный LGD. Кроме того, банки должны развивать внутренние инструменты хеджирования (рублёвые свопы, инфляционные деривативы) и механизмы секьюритизации высокорисковых активов с ориентацией на внутренних институциональных инвесторов, компенсируя сужение вторичного рынка повышенной премией за ликвидность. Грамотная реструктуризация долгов, основанная на критерии экономической целесообразности, позволяет минимизировать потери при дефолте и сохранить клиентскую базу, переводя временные трудности ликвидности в устойчивую платёжеспособность.

Институционализация оценки стоимости требует интеграции расчётов EVA и адаптированного RAROC в кредитные процессы. Регулярный стресс-тестинг, сценарный анализ и независимая валидация моделей на ежеквартальной основе становятся обязательными элементами риск-культуры. Автоматизация мониторинга санкционных триггеров и цепочек поставок заёмщиков позволяет перейти от реактивного признания убытков к проактивному управлению рисками, сокращая время реакции с месяцев до недель. Подобная трансформация не требует капитальных вложений в новую инфраструктуру, а предполагает качественную модификацию существующих риск-моделей, внутренних регламентов и системы принятия решений кредитными комитетами. В результате банк формирует замкнутый управленческий контур, в котором аналитическая оценка стоимости транслируется в конкретные кредитные, залоговые и стратегические директивы, обеспечивая устойчивость бизнеса в условиях долгосрочной структурной нестабильности.

Заключение

Проведённое теоретическое исследование подтверждает, что в условиях санкционной экономики традиционные подходы к оценке стоимости кредитного портфеля, опирающиеся на статические исторические параметры, теряют адекватность и создают систематическую ошибку завышения реальной экономической ценности активов. Санкционное давление выступает не временным циклическим шоком, а структурным дестабилизатором, необратимо трансформирующим природу кредитного

риска, ликвидность залогового обеспечения и стоимость капитала. Ответом на данные вызовы должна стать интегрированная методология оценки, объединяющая динамическую модель вероятности дефолта, скорректированные параметры потерь при дефолте с учётом санкционных дисконтов ликвидности и дифференцированную ставку дисконтирования, включающую отраслевую санкционную премию.

Управление стоимостью портфеля в новых условиях требует перехода от пассивного соблюдения нормативов к активной стратегической оптимизации структуры активов. Ключевыми инструментами выступают калибровка показателя RAROC на стоимость санкционного капитала, расчёт экономической добавленной стоимости, плановое перераспределение экспозиции в пользу локализованных секторов и ужесточение залоговой политики на основе матрицы дифференцированных дисконтов. Институционализация данных метрик в кредитных процессах и системе мотивации персонала позволяет минимизировать накопление скрытых убытков и обеспечить устойчивое создание ценности для акционеров. Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку алгоритмов машинного обучения для прогнозирования нелинейных санкционных триггеров и создание единых отраслевых стандартов оценки технологического суверенитета заёмщиков в рамках кредитного скоринга.

Литература

1. О развитии банковского сектора Российской Федерации в марте 2021 года : отчет Центрального банка Российской Федерации. — Москва : ЦБ РФ, 2021. — URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/32227/razv_bs_21_03.pdf (дата обращения: 07.05.2026).
2. Риски реструктурированных кредитов : информационная записка Центрального банка Российской Федерации. — Москва : ЦБ РФ, 2021. — URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/119872/inf_note_mar_3121.pdf (дата обращения: 07.05.2026).
3. Аллагулов Р. Х., Аллагулов А. Р. Экономическая политика в условиях макроэкономической нестабильности // Доклады Башкирского университета. — 2020. — Т. 5, № 4. — С. 256–260. — Текст : непосредственный.
4. Бернадина Е. Е. Управление качеством кредитного портфеля коммерческого банка // Вестник науки и творчества. — 2021. — № 5 (65). — С. 14–20. — Текст : непосредственный.
5. Парахин Р. С. Характеристика кредитной политики и управление кредитным портфелем коммерческих банков в современных рыночных условиях // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2020. — № 2-2. — С. 79–83. — Текст : непосредственный.
6. Помулев А. А. Банковский сектор России: проблемы и перспективы в условиях новых вызовов // Теневая экономика. — 2020. — Т. 4, № 3. — С. 127–138.
7. Помулев А. А. Управление потенциально проблемными активами как фактор роста стоимости коммерческого банка // Имущественные отношения в Российской Федерации. — 2021. — № 8 (239). — С. 13–26.
8. Помулев А. А., Помулева Н. С. Методологические аспекты стоимостной оценки кредитных организаций в условиях внешней неопределенности // Финансы: теория и практика. — 2022. — Т. 26, № 6. — С. 212–232.
9. Рамзаева Е. П., Кравченко О. В. Анализ кредитного портфеля и кредитного риска в коммерческом банке // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. — 2022. — № 3. — С. 47–53.
10. Ушанов А. Е. Пути снижения риска корпоративного кредитного портфеля коммерческого банка // Азимут научных исследований: экономика и управление. — 2023. — Т. 12, № 1 (42). — С. 141–146.
11. Федотова М. Ю., Носов А. В., Тагирова О. А. [и др.]. Особенности оценки рыночной стоимости коммерческого банка // Нива Поволжья. — 2016. — № 2 (39). — С. 125–133

Valuation and management of the credit portfolio value of a russian bank under sanctions economy

Inozemtsev A.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The article examines the theoretical and methodological foundations of assessing and managing the economic value of Russian commercial banks' credit portfolios under sanctions pressure. The necessity of transitioning from static accounting and regulatory models to dynamic valuation that accounts for the nonlinearity of sanctions shocks, industry risk asymmetry, and borrowers' technological dependence is substantiated. An integrated model is proposed, combining adjusted probability of default (PD) and loss given default (LGD) parameters with a differentiated discount rate incorporating a sanctions premium. The mechanisms for strategic portfolio optimization based on RAROC and EVA metrics are revealed, and recommendations for collateral policy restructuring and exposure diversification are formulated.

Keywords: credit portfolio, sanctions economy, value assessment, risk management, RAROC, EVA, expected credit losses.

References

1. On the development of the banking sector of the Russian Federation in March 2021: report of the Central Bank of the Russian Federation. Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2021. Available at: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/32227/razv_bs_21_03.pdf (accessed on May 7, 2026).
2. Risks of restructured loans: information note of the Central Bank of the Russian Federation. Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2021. Available at: https://cbr.ru/Content/Document/File/119872/inf_note_mar_3121.pdf (accessed on May 7, 2026).
3. Allagulov R. Kh., Allagulov A. R. Economic policy in the context of macroeconomic instability // Reports of the Bashkir University. - 2020. - Vol. 5, No. 4. - Pp. 256-260. - Text: direct.
4. Bernadina E. E. Managing the quality of the loan portfolio of a commercial bank // Bulletin of Science and Creativity. - 2021. - No. 5 (65). - Pp. 14-20. - Text: direct.
5. Parakhin R. S. Characteristics of credit policy and loan portfolio management of commercial banks in modern market conditions // Economy and business: theory and practice. - 2020. - No. 2-2. - Pp. 79-83. - Text: direct.
6. Pomulev A. A. The Russian banking sector: problems and prospects in the face of new challenges // Shadow economy. - 2020. - Vol. 4, No. 3. - Pp. 127-138.
7. Pomulev A. A. Management of potentially problematic assets as a factor in the growth of a commercial bank's value // Property relations in the Russian Federation. - 2021. - No. 8 (239). - Pp. 13-26.
8. Pomulev A. A., Pomuleva N. S. Methodological aspects of the valuation of credit institutions in the face of external uncertainty // Finance: theory and practice. - 2022. - Vol. 26, No. 6. - Pp. 212-232.
9. Ramzaeva E. P., Kravchenko O. V. Analysis of the loan portfolio and credit risk in a commercial bank // Vector of Science of Togliatti State University. Series: Economics and Management. - 2022. - No. 3. - P. 47-53.
10. Ushakov A. E. Ways to reduce the risk of the corporate loan portfolio of a commercial bank // Azimut of scientific research: economics and management. - 2023. - Vol. 12, No. 1 (42). - P. 141-146.
11. Fedotova M. Yu., Nosov A. V., Tagirova O. A. [et al.]. Features of assessing the market value of a commercial bank // Niva Povolzhya. - 2016. - No. 2 (39). - P. 125-133

Организационно-экономический механизм: понятие, содержание и роль в управлении

Лапшин Иван Сергеевич
аспирант, кафедра «экономика и менеджмент», Ульяновский государственный технический университет», lapshin.ivan2012@yandex.ru

Статья посвящена исследованию организационно-экономического механизма как ключевой категории управленческой науки. Актуальность темы обусловлена возрастающей сложностью управленческих систем в условиях цифровизации экономики и необходимостью формирования целостных инструментов воздействия на хозяйственные процессы. В работе проведён сравнительный анализ существующих трактовок понятия «организационно-экономический механизм», систематизированы его структурные элементы, выделены функциональные составляющие. На основе обобщения научных подходов предложена структурная модель механизма, включающая целевой, регулирующий, ресурсный и контрольный блоки. Установлено, что организационно-экономический механизм выполняет интегрирующую роль в управлении, обеспечивая согласование организационных и экономических методов воздействия на управляемую систему. Показана применимость механизма в различных управленческих контекстах - промышленности, регионального развития, инновационной деятельности и обеспечения экономической безопасности. Результаты исследования вносят вклад в систематизацию теоретических основ управления и могут применяться при разработке прикладных механизмов управления на уровне предприятий и региональных систем.

Ключевые слова: организационно-экономический механизм, управление, структура механизма, регулирование, экономические методы управления.

Введение

Современная управленческая наука оперирует широким спектром концептуальных конструктов, призванных описать и структурировать процессы воздействия субъекта управления на управляемый объект. Среди них особое место занимает категория «организационно-экономический механизм» (далее - ОЭМ), которая на протяжении нескольких десятилетий остаётся предметом научных дискуссий и прикладных исследований. Несмотря на широкую распространённость данного термина в научной литературе, его содержательное наполнение по-прежнему отличается значительной неоднородностью: разные авторы вкладывают в это понятие различный смысл, делая акцент либо на организационных, либо на экономических аспектах управленческого воздействия.

Интерес к данной тематике заметно усилился в последние годы в связи с распространением цифровых технологий, трансформацией промышленных комплексов, формированием новых форм межорганизационного взаимодействия и усложнением задач регионального управления. В этих условиях востребованность чёткого и операционально пригодного определения ОЭМ возрастает: от качества теоретического фундамента напрямую зависит эффективность прикладных управленческих разработок.

Цель настоящей статьи состоит в систематизации научных подходов к пониманию ОЭМ, уточнении его содержания и структуры, а также в обосновании его роли как интегрирующего инструмента в системе управления.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:
- анализ существующих трактовок понятия ОЭМ;
- выделение его структурных элементов и функций;
- определение места ОЭМ в управленческой системе;
- разработка структурной модели механизма.

Материалы и методы

Исследование выполнено на основе анализа и синтеза научных публикаций, посвящённых теоретическим и прикладным аспектам организационно-экономического механизма. В работе использованы методы сравнительного анализа, систематизации и обобщения научных позиций, структурного моделирования. Информационную базу составили статьи российских авторов, опубликованные в рецензируемых научных журналах в период с 2021 по 2026 год и охватывающие проблематику ОЭМ в различных сферах применения: промышленности, регионального управления [6; 10], инновационной деятельности [3; 7], экономической безопасности [9], индикативного управления [8] и межорганизационного взаимодействия [1]. Выбор источников обусловлен их актуальностью, научной значимостью и непосредственным отношением к исследуемой проблематике.

Понятие организационно-экономического механизма: сравнительный анализ подходов

Понятие «механизм» применительно к управленческим системам используется в науке достаточно давно. В общенаучном понимании механизм - это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, обеспечивающих функционирование некоторой системы. В социально-экономических науках данная категория приобретает специфическое содержание, связанное с целенаправленным воздействием субъекта на объект с целью достижения определённого результата.

Ибрагимов И. У. и Наримонов Н. Н. рассматривают ОЭМ как совокупность методов, инструментов и рычагов управленческого воздействия, реализуемых в рамках определённой организационной структуры и направленных на достижение экономических целей [2]. В данной трактовке акцент делается на инструментальном аспекте: механизм понимается преимущественно как набор средств, которыми субъект управления воздействует на поведение управляемой системы.

Иную позицию занимает Лапшин И. С., который трактует ОЭМ как систему организационно-экономического обеспечения, создающую условия для устойчивого развития предприятий и внедрения инноваций [4]. В данном понимании механизм выступает не просто как совокупность инструментов, но как обеспечивающая подсистема управления, формирующая необходимые условия для реализации стратегических и операционных целей. Такой подход позволяет связать ОЭМ с более широким контекстом устойчивого развития и инновационной активности.

Леонтьев Д. В. применяет данную категорию к управлению ресурсным потенциалом высокотехнологичных отраслей и определяет ОЭМ как систему взаимосвязанных организационных и экономических методов, инструментов и рычагов, обеспечивающих развитие ресурсного потенциала в соответствии с поставленными целями [5]. Здесь существенным является указание на взаимосвязанность элементов: механизм не сводится к простому перечню инструментов, но представляет собой систему, в которой отдельные элементы находятся в функциональной зависимости друг от друга.

В исследованиях, посвящённых региональному управлению, ОЭМ рассматривается как инструмент реализации государственной экономической политики. Черныш Т. А. определяет его как совокупность форм, методов и инструментов формирования и реализации региональной экономической политики в условиях цифровой трансформации [10]. Мекуш Г. Е. и Панов А. А. интерпретируют ОЭМ применительно к задачам экологизации регионального развития как систему мер организационного и экономического характера, направленных на обеспечение экологической устойчивости региональной экономики [6].

Гераськина А. А. рассматривает ОЭМ в контексте платформенного подхода и межорганизационного взаимодействия, понимая его как систему управленческих отношений, опосредующих взаимодействие предприятий в рамках интеграционных объединений [1]. Данная трактовка отражает современные тенденции в развитии управленческой мысли, связанные с переходом от иерархических к сетевым формам организации хозяйственной деятельности.

Скурыдин А. В. в контексте управления инновационным потенциалом промышленности региона трактует ОЭМ как совокупность взаимосвязанных организационных структур, экономических методов и управленческих инструментов, обеспечивающих формирование и реализацию инновационного потенциала [7]. Калмуратов Б. С. и Юсупова Ж. К. понимают его как систему принципов, методов и форм управления инновационными процессами в промышленном комплексе [3].

Суслова М. А. и Сборщиков С. Б. конкретизируют ОЭМ применительно к контроллингу и рассматривают его как механизм индикативного управления, включающий систему показателей, процедур их мониторинга и регулирующих воздействий по результатам отклонений от плановых значений [8]. Харитонов П. А. использует данную категорию в контексте обеспечения национальной экономической безопасности, определяя ОЭМ как систему мер и инструментов, направленных на защиту национальных экономических интересов посредством развития информационно-технологической сферы [9].

Таким образом, анализ научной литературы позволяет выделить несколько ключевых подходов к определению ОЭМ, которые систематизированы в таблице 1.

Проведённый анализ показывает, что при всём разнообразии авторских трактовок в определениях ОЭМ прослеживается ряд общих черт. Механизм неизменно рассматривается как система - тоержания ОЭМ предполагает ответ на вопрос о том, из каких элементов он состоит и как эти элементы соотносятся между собой. Структура механизма в научной литературе трактуется неоднозначно: одни авторы выделяют функциональные блоки, другие - уровни управленческого воздействия, третьи - типы применяемых инструментов.

Таблица 1

Сравнительный анализ подходов к определению организационно-экономического механизма

Автор	Ключевой аспект определения	Акцент
Ибрагимов И. У., Наримонов Н. Н. [2]	Совокупность методов и инструментов управленческого воздействия	Инструментальный
Лапшин И. С. [4]	Система обеспечения условий устойчивого развития и инноваций	Обеспечивающий
Леонтьев Д. В. [5]	Система взаимосвязанных методов и инструментов развития ресурсного потенциала	Системный, ресурсный
Черныш Т. А. [10]	Совокупность форм и методов реализации региональной политики	Регулятивный, территориальный
Гераськина А. А. [1]	Система управленческих отношений межорганизационного взаимодействия	Реляционный, сетевой
Скурыдин А. В. [7]	Совокупность структур, методов и инструментов инновационного потенциала	Структурный, инновационный
Суслова М. А., Сборщиков С. Б. [8]	Механизм индикативного управления с системой показателей	Контрольный
Харитонов П. А. [9]	Система мер защиты национальных экономических интересов	Защитный, безопасностный
Калмуратов Б. С., Юсупова Ж. К. [3]	Система принципов и методов инновационного управления	Принципиальный, инновационный
Мекуш Г. Е., Панов А. А. [6]	Система мер организационного и экономического характера для экологизации	Экологический, регуляторный

Составлено автором

Наиболее распространённым является блочный подход, в рамках которого структура ОЭМ представлена несколькими взаимосвязанными блоками, каждый из которых выполняет определённую функцию в системе управления. Анализ существующих структурных моделей позволяет выделить четыре ключевых блока, присутствующих в большинстве авторских концепций в той или иной форме.

Целевой блок определяет направленность механизма и задаёт ориентиры для функционирования всех остальных элементов. Он включает систему стратегических и оперативных целей управления, принципы их формирования и декомпозиции, а также критерии достижения желаемого состояния управляемого объекта. Лапшин И. С. указывает, что именно целевая составляющая обеспечивает смысловое единство механизма, превращая разрозненные инструменты в согласованную систему [4]. Без чёткого целевого блока механизм утрачивает направленность и превращается в набор слабосвязанных управленческих практик.

Регулирующий блок является центральным функциональным элементом ОЭМ. Он объединяет совокупность методов и инструментов непосредственного воздействия субъекта управления на объект. В структуре данного блока принято разграничивать организационные и экономические методы, хотя на практике они тесно переплетены и взаимно обусловлены. Организационные методы включают административные воздействия, формирование организационных структур, регламентацию процессов и процедур. Экономические методы охватывают финансовые стимулы, ценообразование, бюджетирование, налоговое регулирование, кредитные инструменты. Ибрагимов И. У. и Наримонов Н. Н. подчёркивают, что именно взаимодействие этих двух групп методов определяет специфику ОЭМ как интегративной категории управления [2].

В условиях цифровизации регулирующий блок существенно обогащается. Черныш Т. А. указывает, что в современных условиях в него включаются цифровые платформы, системы интеллектуального анализа данных и автоматизированные механизмы принятия решений [10]. Гераськина А. А. показывает, как платформенный подход трансформирует регулирующий блок применительно к межорганизационному взаимодействию: платформа становится не просто технологическим инструментом, но организационным механизмом координации деятельности участников интеграционного объединения [1].

Ресурсный блок обеспечивает материально-техническую, финансовую, информационную и кадровую базу функционирования механизма. Данный блок нередко недооценивается в теоретических моделях, тогда как на практике именно ресурсные ограничения определяют реальную дееспособность ОЭМ. Леонтьев Д. В. рассматривает ресурсный потенциал как ключевой объект воздействия со стороны механизма в высокотехнологичных отраслях и одновременно - как условие его функционирования [5]. Калмуратов Б. С. и Юсупова Ж. К. применительно к промышленному комплексу показывают, что инновационный характер управления требует формирования специфического ресурсного блока, включающего интеллектуальный капитал, информационные ресурсы и инфраструктуру поддержки инноваций [3].

Контрольный блок замыкает структуру механизма, обеспечивая обратную связь между фактическими результатами управленческого воздействия и заданными целевыми параметрами. Он включает системы мониторинга, оценки результатов, выявления отклонений и принятия корректирующих воздействий. Суслова М. А. и Сборщиков С. Б. разрабатывают концепцию индикативного контроллинга как специфической формы контрольного блока, основанной на системе ключевых показателей эффективности (КПЭ) и процедурах реагирования на отклонения от плановых значений [8]. Мекуш Г. Е. и Панов А. А. применяют аналогичную логику к задачам экологизации регионального развития, показывая, как система экологических индикаторов может быть встроена в контрольный блок регионального ОЭМ [6].

Принципиально важным является характер связей между выделенными блоками. Механизм функционирует не как последовательная цепочка, а как циклическая система: целевой блок задаёт ориентиры для регулирующего, который через ресурсный блок реализует управленческое воздействие, а контрольный блок через механизм обратной связи корректирует работу как регулирующего, так и целевого блоков. Именно цикличность и наличие обратной связи отличают зрелый механизм управления от простой совокупности административных мер.

Структурная модель ОЭМ, отражающая описанную логику взаимосвязи блоков, представлена на рисунке 1.

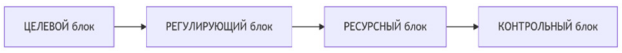


Рисунок 1. Структурная модель организационно-экономического механизма

Составлено автором

Целевой блок формирует стратегические ориентиры; регулирующий блок обеспечивает непосредственное управленческое воздействие посредством организационных и экономических методов; ресурсный блок предоставляет необходимую материально-финансовую и информационно-кадровую базу; контрольный блок через систему мониторинга и обратной связи обеспечивает корректировку работы всей системы. Данная модель носит универсальный характер и может быть конкретизирована применительно к различным управленческим контекстам.

Функции организационно-экономического механизма в управлении

Роль ОЭМ в системе управления определяется совокупностью функций, которые он выполняет по отношению к управляемому объекту и к организации в целом. Анализ научной литературы позволяет выделить несколько ключевых функций.

Функция целеполагания и стратегического ориентирования состоит в формировании системы целей организации и их декомпозиции на уровень структурных подразделений, процессов и отдельных сотрудников. Механизм обеспечивает согласованность целей по вертикали - от стратегического к операционному уровню - и по горизонтали - между подразделениями одного уровня. Инструментами реализации данной функции служат системы стратегического планирования, сбалансированная система показателей и методология управления по целям. Скурыдин А. В. подчёркивает, что в сфере управления инновационным потенциалом именно эта функция определяет качество всего механизма: без чётко сформулированных инновационных целей ни организационные структуры, ни экономические инструменты не обеспечивают желаемого результата [7].

Координационная функция обеспечивает согласование действий различных структурных единиц организации, минимизацию дублирования функций и устранение межфункциональных противоречий. Координация осуществляется как через формальные механизмы - регламенты, процедуры, организационные структуры, - так и через неформальные - корпоративную культуру, профессиональные нормы, личные коммуникации. Гераськина А. А. показывает, что в условиях межорганизационного взаимодействия в рамках промышленной интеграции координационная функция приобретает особую значимость: именно она обеспечивает синергетический эффект от объединения предприятий, предотвращая оппортунистическое поведение участников и снижая транзакционные издержки взаимодействия [1].

Регулирующая функция предполагает управленческое воздействие на поведение субъектов, входящих в состав управляемой системы, с целью приведения их деятельности в соответствие с заданными целевыми ориентирами. В рамках ОЭМ регулирование осуществляется через сочетание административных предписаний и экономических стимулов. Применительно к региональному управлению Черныш Т. А. рассматривает регулирующую функцию как механизм реализации региональной экономической политики в условиях цифровой трансформации, показывая, как традиционные инструменты регулирования дополняются цифровыми платформами и инструментами интеллектуального анализа данных [10]. Мекуш Г. Е. и Панов А. А. конкретизируют данную функцию применительно к экологической составляющей регионального управления, указывая на необходимость формирования специализированных регуляторных инструментов, обеспечивающих экологизацию хозяйственной деятельности [6].

Функция ресурсного обеспечения связана с формированием и распределением ресурсов, необходимых для реализации управленческих решений. ОЭМ определяет не только то, какие ресурсы необходимы для достижения целей, но и механизмы их привлечения, распределения и эффективного использования. Леонтьев Д. В. рассматривает данную функцию как центральную в механизме управления ресурсным потенциалом высокотехнологичных отраслей промышленности, указывая, что именно способность механизма обеспечивать воспроизводство ресурсной базы в долгосрочной перспективе определяет его стратегическую ценность [5]. Калмуратов Б. С. и Юсупова Ж. К. акцентируют внимание на специфике ресурсного обеспечения инновационного управления, отмечая, что в данном контексте особую роль приобретают интеллектуальные ресурсы и инфраструктура поддержки инноваций [3].

Контрольная функция обеспечивает мониторинг результатов управленческой деятельности, выявление отклонений от плановых показателей и принятие корректирующих воздействий. Суслова М. А. и Сборщиков С. Б. разрабатывают концепцию индикативного контроллинга как современной формы реализации данной функции в системе управления промышленным предприятием, обосновывая систему ключевых показателей эффективности и процедуры реагирования на отклонения [8]. Харитонов П. А. рассматривает контрольную функцию применительно к обеспечению национальной экономической безопасности, показывая, как система мониторинга угроз и рисков может быть интегрирована в ОЭМ на национальном уровне [9].

Адаптационная функция обеспечивает способность механизма реагировать на изменения внешней среды и перестраивать систему управленческих воздействий в соответствии с новыми условиями. Лапшин И. С. рассматривает организационно-экономическое обеспечение устойчивого развития предприятий как систему, обеспечивающую адаптацию к внешним вызовам - прежде всего в сфере внедрения инноваций, - и указывает, что именно адаптационный потенциал механизма определяет долгосрочную жизнеспособность организации [4]. Перечисленные функции не являются взаимоисключающими - напротив, они взаимно дополняют друг друга и реализуются в единстве. Качество ОЭМ как управленческого инструмента определяется не наличием каждой функции в отдельности, но сбалансированностью их реализации и согласованностью между собой.

Роль организационно-экономического механизма в современном управлении

Роль ОЭМ в системе управления определяется несколькими обстоятельствами, связанными с природой современных управленческих задач.

Усложнение управляемых систем требует перехода от линейных к системным управленческим моделям. Современное предприятие, регион или межорганизационная сеть представляют собой сложные социально-экономические системы, поведение которых определяется множеством взаимодействующих факторов. ОЭМ обеспечивает системное видение объекта управления и позволяет формировать комплексные воздействия, учитывающие взаимозависимость отдельных элементов управляемой системы.

Необходимость сочетания краткосрочной эффективности и долгосрочной устойчивости требует механизмов, способных балансировать между текущими операционными задачами и стратегическими ориентирами. ОЭМ через систему целеполагания и контрольных процедур обеспечивает такой баланс, не допуская ни чрезмерной ориентации на краткосрочный результат в ущерб развитию, ни избыточного «стратегизирования» в отрыве от операционной реальности.

Цифровизация экономики существенно меняет как содержание отдельных элементов ОЭМ, так и логику его функционирования в целом. Цифровые платформы, большие данные, искусственный интеллект и автоматизированные системы принятия решений становятся неотъемлемыми компонентами современных ОЭМ. Гераськина А. А. показывает, как платформенный подход трансформирует механизм управления взаимодействием предприятий, открывая новые возможности для координации и создания ценности в рамках промышленных экосистем. Черныш Т. А. анализирует влияние цифровизации на ОЭМ регионального управления, указывая, что цифровые технологии не только расширяют инструментальный арсенал механизма, но и принципиально меняют логику взаимодействия между субъектами и объектами управления [10].

Возрастание роли инноваций как фактора конкурентоспособности и устойчивого развития требует формирования специализированных ОЭМ, ориентированных на поддержку инновационной активности. Скурыдин А. В. разрабатывает концепцию ОЭМ управления инновационным потенциалом промышленности региона, акцентируя внимание на взаимосвязи между инновационной политикой, организационными структурами поддержки инноваций и экономическими инструментами стимулирования инновационной деятельности [7]. Калмуратов Б. С. и Юсупова Ж. К. рассматривают аналогичные вопросы применительно к промышленному комплексу в целом, обосновывая необходимость формирования интегрированных механизмов инновационного управления, охватывающих весь жизненный цикл инновации - от генерации идеи до коммерциализации результатов [3].

В-пятых, задачи обеспечения экономической и национальной безопасности придают ОЭМ особое значение как инструменту защиты стратегических интересов. Харитонов П. А. рассматривает механизм обеспечения национальной экономической безопасности через призму развития информационно-технологической сферы, показывая, как ОЭМ может служить инструментом снижения зависимости от внешних технологических поставщиков и формирования суверенной цифровой инфраструктуры [9].

Таким образом, ОЭМ выполняет в системе управления интегрирующую роль, обеспечивая согласование разнородных методов, инструментов и ресурсов в единую целенаправленную систему управленческого воздействия. Данная роль реализуется на различных уровнях управленческой иерархии - от отдельного предприятия до национальной экономики - и в различных функциональных областях: производстве, инновационной деятельности, региональном развитии, обеспечении безопасности.

Важно подчеркнуть, что ОЭМ не является статичной конструкцией. По мере изменения внешней среды и управленческих задач механизм подвергается трансформации: в него включаются новые инструменты, видоизменяются связи между элементами, корректируются целевые ориентиры. Способность к такой трансформации - одна из ключевых характеристик эффективного ОЭМ, отличающая его от жёстких бюрократических конструкций, неспособных адаптироваться к меняющимся условиям.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать ряд выводов относительно природы, содержания и роли организационно-экономического механизма в системе управления.

Анализ научных подходов демонстрирует, что ОЭМ - категория многоаспектная, допускающая различные интерпретации в зависимости от контекста применения и исследовательских акцентов. Вместе с тем все существующие трактовки объединяет понимание механизма как системы, сочетающей организационные и экономические начала управленческого воздействия и ориентированной на достижение конкретных целей. Предложенное в работе определение ОЭМ как упорядоченной системы взаимосвязанных организационных структур, экономических методов, управленческих инструментов и регуляторных процедур позволяет охватить сущностные характеристики механизма и служит основой для его операционализации в прикладных исследованиях.

Структурный анализ показал, что ОЭМ может быть представлен в виде четырёхблочной модели, включающей целевой, регулирующий, ресурсный и контрольный блоки, функционирующие в логике замкнутого управленческого цикла с обратной связью. Данная модель носит универсальный характер и конкретизируется в зависимости от специфики управляемого объекта и решаемых задач.

Функциональный анализ ОЭМ выявил шесть ключевых функций: целеполагания и стратегического ориентирования, координационную, регулирующую, ресурсного обеспечения, контрольную и адаптационную. Их сбалансированная реализация определяет дееспособность механизма как инструмента управления.

Роль ОЭМ в современном управлении определяется нарастающей сложностью управляемых систем, требованиями к сочетанию эффективности и устойчивости, давлением цифровой трансформации, возрастанием значимости инноваций и задач обеспечения экономической безопасности. В совокупности эти факторы обусловливают не снижение, а повышение значимости ОЭМ как концептуальной и прикладной категории управленческой науки.

Дальнейшие исследования в данной области перспективно направить на разработку конкретных методик проектирования и оценки эффективности ОЭМ применительно к различным типам управляемых объектов - промышленным предприятиям, региональным системам, межорганизационным сетям и цифровым платформам. Особую актуальность приобретает изучение трансформации ОЭМ под воздействием цифровых технологий и формирование методологических основ проектирования цифровых механизмов управления.

Литература

1. Гераськина А. А. Организационно-экономический механизм управления взаимодействием предприятий промышленной интеграции на основе платформенного подхода // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2026. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-upravleniya-vzaimodeystviem-predpriyatiy-promyshlennoy-integratsii-na-osnove-platformennogo (дата обращения: 27.04.2026).
2. Ибрагимов И. У., Наримонов Н. Н. Организационно-экономический механизм // Экономика и социум. 2021. №12-1 (91). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm (дата обращения: 27.04.2026).
3. Калмуратов Б. С., Юсупова Ж. К. Организационно-экономический механизм инновационного управления промышленного комплекса // Бюллетень науки и практики. 2022. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-innovatsionnogo-upravleniya-promyshlennogo-kompleksa (дата обращения: 27.04.2026).
4. Лапшин И. С. Содержание и структура системы организационно-экономического обеспечения: условия внедрения инноваций и устойчивого развития предприятий // Kant. 2025. №4 (57). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-i-struktura-sistemy-organizatsionno-ekonomicheskogo-obespecheniya-usloviya-vnedreniya-innovatsiy-i-ustoychivogo (дата обращения: 27.04.2026).
5. Леонтьев Д. В. Организационно-экономический механизм управления развитием ресурсного потенциала высокотехнологичных отраслей промышленности // Вестник Академии знаний. 2025. №1 (66). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-upravleniya-razvitiem-resursnogo-potentsiala-vysokotehnologichnyh-otrasley-promyshlennosti (дата обращения: 27.04.2026).
6. Мекуш Г. Е., Панов А. А. Разработка организационно-экономического механизма экологизации регионального развития // Экономика и управление инновациями. 2025. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-organizatsionno-ekonomicheskogo-mehanizma-ekologizatsii-regionalnogo-razvitiya (дата обращения: 27.04.2026).
7. Скурыдин А. В. Формирование организационно-экономического механизма управления развитием инновационного потенциала промышленности региона // Дискуссия. 2025. №7 (140). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-organizatsionno-ekonomicheskogo-mehanizma-upravleniya-razvitiem-innovatsionnogo-potentsiala-promyshlennosti-regiona (дата обращения: 27.04.2026).
8. Суслова М. А., Сборщиков С. Б. Организационно-экономический механизм индикативного контроллинга в системе управления промышленным предприятием // ЭПП. 2025. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-indikativnogo-kontrollinga-v-sisteme-upravleniya-promyshlennym-predpriyatiem (дата обращения: 27.04.2026).
9. Харитонов П. А. Организационно-экономический механизм обеспечения национальной экономической безопасности на основе развития сферы информационных технологий // Журнал прикладных исследований. 2025. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-obespecheniya-natsionalnoy-ekonomicheskoy-bezopasnosti-na-osnove-razvitiya-sfery (дата обращения: 27.04.2026).
10. Черныш Т. А. Организационно-экономический механизм формирования региональной экономической политики в условиях цифровизации // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2023. №S1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-formirovaniya-regionalnoy-ekonomicheskoy-politiki-v-usloviyah-tsifrovizatsii (дата обращения: 27.04.2026).

Organizational and economic mechanism: concept, content, and role in management

Lapshin I.S.
Ulyanovsk State Technical University

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The article is devoted to the study of the organizational and economic mechanism as a key category of management science. The relevance of the topic is due to the increasing complexity of management systems in the context of the digitalization of the economy and the need to form holistic tools for influencing economic processes. The paper provides a comparative analysis of the existing interpretations of the concept of "organizational and economic mechanism", systematizes its structural elements, and highlights its functional components. Based on the generalization of scientific approaches, a structural model of the mechanism is proposed, including target, regulatory, resource and control blocks. It is established that the organizational and economic mechanism performs an integrating role in management, ensuring the coordination of organizational and economic methods of influencing the managed system. The applicability of the mechanism in various management contexts is shown - industry, regional development, innovation and economic security. The research results contribute to the systematization of the theoretical foundations of management and can be used in the development of applied management mechanisms at the enterprise and regional systems levels.

Keywords: organizational and economic mechanism, management, mechanism structure, regulation, economic management methods.

References

1. Geraskina, A. A. "Organizational and economic mechanism for managing the interaction of industrial integration enterprises based on a platform approach" // Innovative Economics: Information, Analytics, Forecasts. 2026. No. 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-upravleniya-vzaimodeystviem-predpriyatiy-promyshlennoy-integratsii-na-osnove-platformennogo (accessed April 27, 2026).
2. Ibragimov, I. U., Narimonov, N. N. "Organizational and economic mechanism" // Economy and Society. 2021. No. 12-1 (91). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm (date of access: 27.04.2026).
3. Kalmuratov B. S., Yusupova Zh. K. Organizational and economic mechanism of innovative management of the industrial complex // Bulletin of science and practice. 2022. No. 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-innovatsionnogo-upravleniya-promyshlennogo-kompleksa (date of access: 27.04.2026).
4. Lapshin I. S. Content and structure of the organizational and economic support system: conditions for the implementation of innovations and sustainable development of enterprises // Kant. 2025. No. 4 (57). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-i-struktura-sistemy-organizatsionno-ekonomicheskogo-obespecheniya-usloviya-vnedreniya-innovatsiy-i-ustoychivogo (date of access: 27.04.2026).
5. Leontyev D. V. Organizational and economic mechanism for managing the development of resource potential of high-tech industries // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2025. No. 1 (66). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-ekonomicheskiy-mehanizm-upravleniya-razvitiem-resursnogo-potentsiala-vysokotehnologichnyh-otrasley-promyshlennosti (date of access: 27.04.2026).

Влияние цифровизации на трансформацию современной экономической системы

Мингалеева Эвелина Алмазовна
магистрант, кафедра Международного Бизнеса, Финансовый университет при Правительстве РФ, Evelina.moscow@mail.ru

Современная сфера хозяйственных связей перестраивается под воздействием алгоритмизации процессов. По существу, массивы данных стали превалирующим производственным ресурсом. Между тем, в научном дискурсе и практике управления выявляется явный концептуальный диссонанс. С одной стороны, фиксируется стремительная диффузия нейросетевых моделей в реальном секторе (трансграничная логистика, агропромышленный комплекс). С другой, институциональная среда и классические рыночные теории заметно отстают от скорости технологического обновления. Возникает парадокс: передовые инструменты снижают трансакционные издержки, но одновременно возводят невидимые барьеры монополизации, вытесняя малый бизнес на периферию высокомаржинальных цепочек. Цель исследования заключается в выявлении специфики структурных метаморфоз на макро- и микроэкономическом уровнях с опорой на новейшие эмпирические индикаторы. По итогам анализа автор резюмирует, что технологический переход миновал стадию фрагментарного тестирования программных продуктов. Рынок вступил в фазу зрелости, где выживаемость предприятий определяется их способностью интегрироваться в глобальные виртуальные экосистемы. Впрочем, растущее неравенство в доступе к вычислительным мощностям требует срочного пересмотра механизмов господдержки. Авторский вклад выражен в систематизации свежих статистических сводок и разработке прикладных предложений по методологии адаптации. В частности, обоснована «архитектура» кросс-отраслевой аналитической платформы для субъектов среднего и малого предпринимательства. Одновременно с этим, предложена оригинальная концепция проактивного регулирования киберугроз, в рамках которой аудит информационной безопасности напрямую увязывается с кредитными рейтингами и налоговыми преференциями для компаний.

Ключевые слова: алгоритмизация, институциональная среда, киберриски, макроэкономические индикаторы, платформенная экономика, предиктивная аналитика, технологический переход, цифровизация.

Введение

Современное мировое хозяйство претерпевает существенные изменения под воздействием технологического прогресса. По сути, внедрение вычислительных алгоритмов перестало быть вспомогательным инструментом оптимизации бизнес-процессов. Сегодня это фундаментальный базис, на котором строятся обновленные модели производства, обмена, распределения благ.

Впрочем, относительно долго научное сообщество рассматривало анализируемый феномен лишь как узкоотраслевой сдвиг, затрагивающий, главным образом, телекоммуникационный сектор. Как представляется, в 2026 году уже наблюдается принципиально иная картина: информационные технологии глубоко проникли в саму институциональную среду. Формируется новая экономическая реальность. В ней массивы данных выступают в роли определяющего производственного ресурса, который превосходит по значимости традиционные факторы.

Эволюция технологических укладов исторически сопровождалась пересмотром устоявшихся концепций стоимости и капитала. Между тем, текущий этап характеризуется повышенной скоростью диффузии инноваций в реальный сектор экономики [5, 14]. Рынок постепенно входит в фазу зрелости. Он переходит от хаотичного замещения аналоговых инструментов к созданию устойчивых инфраструктурных решений. В увязке с этим отметим, что классические теории фирмы и модели потребительского поведения требуют серьезной теоретической адаптации. По-видимому, привычные механизмы конкурентного ценообразования искажаются под влиянием сетевых эффектов и глобальных платформенных экосистем. Хозяйствующие субъекты вынуждены оперативно перестраивать свои долгосрочные стратегии. Одновременно с этим, государство сталкивается с необходимостью тонкого регулирования виртуальных рынков (в целях предотвращения монополизации).

Вероятно, именно отсутствие целостной методологии оценки замедляет адаптацию ряда развивающихся стран к новым реалиям. Вследствие этого изучение структурных сдвигов имеет как высокую теоретическую ценность, так и выраженную практическую значимость.

Материалы и методы

Выбор источников для раскрытия темы обоснован необходимостью разностороннего анализа проблемы, охватывающего макроэкономическую статистику, глобальные тренды, отраслевую специфику, вопросы национальной безопасности. В проанализированном массиве литературы авторы задействуют вариативный методологический инструментарий. Так, макростатистический и глобалистский подходы получили отражение в работах Г.И. Абдрахмановой, Т.С. Зининой, Г.Г. Ковалевой [1], Д. Дикенсона [3], Т.А. Литвинюк, Н.Е. Лесниковой [7], K. Rong [14] и институциональных отчетах [8-11]. Это позволяет оценить масштабы капитализации цифровой экономики. Отраслевой и инструментальный аспекты реализуются в трудах Ю.В. Вертаковой, И.Н. Булгаковой, Ш. Дин [2], Л.А. Коптевой, И.В. Романовой [5], А.В. Чудаева, Л.М. Иголкиной, А.Н. Кобылицкого, С. Чжэн [12]. Данные авторы сфокусированы на точечной трансформации агропромышленного комплекса, трансграничной логистики, других ниш. Одновременно с этим, риск-ориентированный подход применяют Т.В. Кикоть-Глуходедова [4], Ю.С. Кудряшова [6], М.А. Шулимова, Р.М. Бирюков, Р.С.А. Маккаева [13] для идентификации уязвимостей государственного суверенитета в цифровой среде.

Невзирая на фундаментальность базы, в источниках наблюдаются существенные пробелы. Так, слабо исследованы социальные последствия тотальной автоматизации для рынка труда на микроуровне; отсутствует долгосрочное эконометрическое моделирование процессов адаптации национальных экономик к усиливающемуся технологическому протекционизму. В научном дискурсе прослеживаются острые концептуальные противоречия: если ряд институциональных аналитиков транслируют технооптимизм, указывая на то, что цифровизация и интеллектуальная трансформация выступают в качестве безусловных драйверов экспоненциального роста [9, 11], то исследователи проблем экономической безопасности доказывают обратное – стремительная цифровизация сама по себе становится весомой угрозой, которая провоцирует технологическую зависимость, рост киберпреступности, монополизацию рынков транснациональными корпорациями [4, 6, 13].

В методологическую основу написания данной статьи легли методы системного синтеза, сравнительного анализа, контент-оценки материа-

лов. Их выбор оправдан потребностью интегрировать разрозненные макроэкономические, отраслевые, управленческие параметры в единую логическую схему, а также необходимостью объективно сопоставить оптимистичные мировые прогнозы с жесткими вызовами обеспечения национальной стабильности.

Результаты и обсуждение

Глобальная хозяйственная система демонстрирует устойчивый тренд на виртуализацию добавленной стоимости. По оценкам международных экспертов, цифровая экономика продолжает расти быстрее традиционных секторов. И в 2026 году ожидается ее увеличение примерно на 9,5%. Этот показатель опережает общемировую динамику ВВП почти в три раза. Прогнозируется, что совокупный объем данного сегмента достигнет 28 трлн долл. США, что составит порядка 22% мирового продукта [10, 11].

Изменение структуры международной торговли служит наглядным подтверждением этих сдвигов. Услуги уже формируют 27% от общего объема мирового товарооборота, при этом сервисы, поставляемые в электронном формате, занимают 56% глобального экспорта услуг [3].

В отличие от предыдущих подходов, которые ориентированы на экспорт сырья или промышленной продукции, современные государства делают ставку на интеллектуальный капитал.

В Российской Федерации также фиксируются значимые структурные преобразования. Валовые внутренние затраты на развитие информационной инфраструктуры демонстрируют стабильный рост. По итогам недавних статистических наблюдений, вклад профильного ИКТ-сектора в ВВП страны увеличился до 3,9%, а совокупные инвестиции в развитие соответствующих технологий составили 6,7 трлн рублей [8] (таблица 1).

Таблица 1

Динамика ключевых индикаторов развития цифровой экономики (составлено на основе [3, 8, 10, 11])

Наименование показателя	2024 г. (факт)	2025 г. (оценка)	2026 г. (прогноз)	Вектор развития
Объем глобальной цифровой экономики (трлн долл.)	23,5	25,5	28,0	Ускоренный рост (+9,5% г/г)
Доля электронных услуг в мировом экспорте (%)	53,0	54,5	56,0	Умеренное расширение
Вклад ИКТ-сектора в ВВП РФ (%)	3,6	3,9	4,2	Стабильная восходящая динамика
Затраты на развитие ИТ-среды в РФ (трлн руб.)	5,5	6,7	7,4	Активное импортозамещение

Основной объем затрат на цифровую экономику формируют организации. В 2024 г. сумма их вложений в цифровизацию оказалась выше, чем в 2023 г., на 29,3% (в текущих ценах). Это рекордная динамика за постсанкционный период. Она сопряжена со скачком спроса как на ИКТ-оборудование, так и на ПО в рамках продолжающегося импортозамещения. По оценке ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, в 2025 г. положительная динамика сохранялась, но годовой прирост меньше – порядка 6% (в текущих ценах) (рис. 1). В числе причин замедления – эффект высокой базы 2024 г., а также снижение в 2025 г. среднего курса доллара на 10% (относительно уровня 2024 г.), что повлияло на стоимость импортируемого ИКТ-оборудования [1].

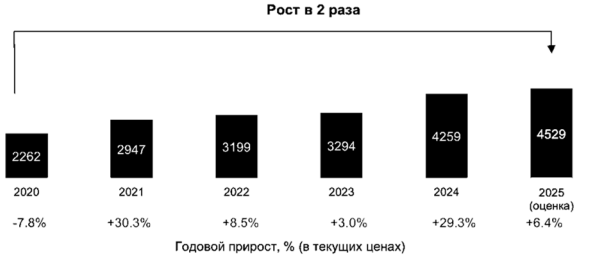


Рис. 1. Внутренние затраты организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними товаров и услуг, млрд. руб. [1]

Технологическая интеграция перестает быть обособленным явлением. Она конвертируется в базисный макроэкономический драйвер, который определяет место стран в международном разделении труда.

Специфика влияния инноваций наиболее ярко проявляется на уровне конкретных рыночных ниш и операционной деятельности предприятий. В исследованиях отражено, что внедрение систем искусственного интеллекта (ИИ) способно существенно изменить структуру занятости. Ожидается, что к концу 2026 г. до 40% всех рабочих задач в развитых экономиках могут быть автоматизированы [9]. Это влечет за собой необходимость масштабной переподготовки кадров и пересмотра принципов организации труда. Компании, игнорирующие этот тренд, рискуют потерять весомую долю своей рыночной капитализации к 2030 г. из-за снижения конкурентоспособности.

Особый научный интерес представляет анализ логистических цепочек. В контексте стратегий евразийского партнерства интеллектуализация трансграничных перевозок между Россией и азиатскими странами демонстрирует измеримый экономический эффект. Внедрение технологии распределенного реестра (блокчейн) вкупе с автоматизированными системами управления дает возможность сократить время таможенного оформления грузов на 67%, а коэффициент порожнего пробега составов уменьшить на 18% [12].

Не менее показателен пример агропромышленного комплекса. Внедрение концепции «Индустрия 4.0» на фермерских предприятиях оптимизирует производственные издержки. Использование предиктивной аналитики с целью управления стадом и качеством продукции повышает рентабельность бизнеса, нивелируя влияние сезонных факторов [2] (таблица 2).

Таблица 2

Оценка влияния интеллектуальных систем на операционную эффективность бизнеса (составлено на основе [2, 4, 6, 7, 9, 12, 13])

Внедряемая технология	Отрасль применения	Ключевой экономический эффект	Механизм воздействия
Предиктивный ИИ	Финансовый сектор	Автоматизация до 40% рутинных задач	Оптимизация штатного расписания, ускорение скоринга
Блокчейн и IoT	Трансграничная логистика	Снижение времени оформления на 67%	Повышение прозрачности, смарт-контракты
Сенсорные сети (Индустрия 4.0)	Агропромышленный комплекс	Рост рентабельности на 12-15%	Точечное распределение ресурсов, мониторинг активов
Облачные вычисления	Розничная торговля	Сокращение цикла вывода продукта на 30-50%	Гибкость «архитектуры», омниканальность продаж

Микроэкономические показатели эффективности напрямую зависят от скорости адаптации хозяйствующих субъектов к новым управленческим инструментам.

Представляется необходимым сформулировать ряд прикладных рекомендаций. Вносимые предложения нацелены на сглаживание диспропорций и повышение устойчивости национального хозяйства.

Так, суть первой меры заключается в формировании адаптивной кросс-отраслевой цифровой платформы с открытым кодом для субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП). Новизна состоит во внедрении встроенных модулей предиктивной аналитики на базе суверенных моделей ИИ, которые доступны бизнесу по модели «инфраструктура как услуга» с государственным субсидированием. Описываемое решение направлено на преодоление увеличивающегося технологического разрыва между крупными корпорациями, обладающими бюджетами на НИОКР, и небольшими предприятиями. Использование такой платформы позволит МСП интегрироваться в глобальные цепочки поставок, снижая трансакционные издержки.

Вторая рекомендация сводится к внедрению режима проактивного институционального регулирования киберрисков. Предлагается разработать национальный стандарт аудита информационной безопасности экономических агентов, который будет увязан с кредитными рейтингами банков. Предприятия, демонстрирующие высокий уровень защищенности «архитектуры», должны получать преференции при налогообложении. Этим бизнес стимулируется к рассмотрению вложений в кибербезопасность не как пассивных убытков, а как инструмента повышения своей инвестиционной привлекательности.

Заключение

Технологическая модернизация современной хозяйственной системы приобрела необратимый, структурный характер. Внедрение интеллектуальных решений вышло за границы узкотехнических задач и в 2026 г. представляет собой ключевой фактор формирования макроэкономической стабильности. Информационные активы закрепили за собой статус фундаментального ресурса развития.

В статье была обоснована смена парадигмы (от фрагментарной автоматизации отдельных компаний к созданию целостных интеллектуальных экосистем). В отличие от более ранних этапов, текущая трансформация требует междисциплинарного подхода, который представлен экономическими и правовыми аспектами управления инновациями.

Внедрение сквозных технологий, в частности, подразумеваются распределенные реестры, предиктивная аналитика, оказывает измеримое положительное влияние на региональный валовой продукт и оптимизацию внешнеторгового оборота.

Будущие исследования предлагается сосредоточить на проблематике технологического неравенства, поскольку именно этот фактор несет в себе наибольшие риски для устойчивого функционирования мирового хозяйства. Одновременно с этим, потребуется детальная проработка механизмов защиты конкуренции в условиях доминирования платформенных корпораций.

Литература

1. Абдрахманова Г.И., Зинина Т.С., Ковалева Г.Г. Динамика затрат на развитие цифровой экономики // URL: https://issek.hse.ru/news/1132489247.html (дата обращения: 26.05.2026).
2. Вертакова Ю.В., Булгакова И.Н., Дин Ш. Методы и инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса в условиях индустрии 4.0 // π-Economy. – 2023. – Т. 16. – №. 5. – С. 109-122.
3. Дикенсон Д. Замедление роста, цифровизация и тарифы: что ждет мировую торговлю в 2026 году? // URL: https://news.un.org/ru/story/2026/01/1467186 (дата обращения: 26.05.2026).
4. Кикоть-Глуходедова Т.В. Цифровизация как направление и угроза экономической безопасности государства // Вестник Московского университета МВД России. – 2025. – №. 1. – С. 200-206.
5. Коптева Л.А., Романова И.В. Влияние цифровизации на отдельные сферы экономики России // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2025. – №. 2. – С. 68-92.
6. Кудряшова Ю.С. Выгоды и риски цифровизации экономики, перспективы и барьеры цифровизации в России // Финансовые рынки и банки. – 2025. – №. 2. – С. 88-94.
7. Литвинюк Т.А., Лесникова Н.Е. Цифровизация экономики обзор глобальных трендов и российский опыт // Экономика и предпринимательство. – 2025. – №. 1 (174). – С. 539-544.
8. НИУ ВШЭ. Цифровая экономика. Краткий статистический сборник. 2026 год // URL: https://ict.moscow/projects/ai/research/tsifrovaia-ekonomika-kratkii-statisticheskii-sbornik-2026-god/ (дата обращения: 26.05.2026).
9. От цифровизации к интеллектуальной трансформации: новые драйверы экономического роста в России // URL: https://www.fa.ru/university/structure/university/uso/press-service/press-releases/ot-tsifrovizatsii-k-intellektualnoy-transformatsii-novye-drayvery-ekonomicheskogo-rosta-v-rossii (дата обращения: 26.05.2026).
10. Цифровая экономика 2026: как формируется новая архитектура роста, технологий и конкуренции // URL: https://fintech-retail.com/2026/04/10/цифровая-экономика-2026-как-формируется/ (дата обращения: 26.05.2026).
11. Цифровая экономика достигнет 28 триллионов долларов в следующем году: отчет // URL: https://relinvestmentsgroup.com/tsifrovaya-ekonomika-dostignet-28-trillionov-dollarov-v-sleduyushhem-godu-otchet/ (дата обращения: 26.05.2026).
12. Чудаев А.В., Иголкина Л.М., Кобылицкий А.Н., Чжэн С. Цифровизация совместных инноваций в трансграничных железнодорожных перевозках между Россией и Китаем и их влияние на региональную экономику // Экономика и предпринимательство. – 2026. – № 2 (187). – С. 161-166.
13. Шулимова М.А., Бирюков Р.М., Маккаева Р.С.А. Экономическая безопасность и цифровизация: вызовы и пути России к устойчивому развитию // Проблемы рыночной экономики. – 2025. – №. 1. – С. 78-84.
14. Rong K. Research agenda for the digital economy // Journal of Digital Economy. – 2022. – Т. 1. – №. 1. – С. 20-31.

The impact of digitalization on the transformation of the modern economic system

Mingaleeva E.A.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The modern sphere of economic relations is being rebuilt under the influence of algorithmization of processes. In fact, data arrays have become the predominant production resource. Meanwhile, there is a clear conceptual dissonance in scientific discourse and management practice. On the one hand, there is a rapid diffusion of neural network models in the real sector (cross-border logistics, agro-industrial complex). On the other hand, the institutional environment and classical market theories are noticeably lagging behind the pace of technological innovation. A paradox arises: advanced tools reduce transaction costs, but at the same time erect invisible barriers to monopolization, displacing small businesses to the periphery of high-margin chains. The purpose of the study is to identify the specifics of structural metamorphoses at the macro- and microeconomic levels based on the latest empirical indicators. Based on the results of the analysis, the author summarizes that the technological transition has passed the stage of fragmentary testing of software products. The market has entered a phase of maturity, where the survival of enterprises is determined by their ability to integrate into global virtual ecosystems. However, the growing inequality in access to computing power requires an urgent review of government support mechanisms. The author's contribution is expressed in the systematization of recent statistical reports and the development of applied proposals on adaptation methodology. In particular, the "architecture" of a cross-industry analytical platform for medium and small businesses is substantiated. At the same time, an original concept of proactive regulation of cyber threats has been proposed, in which information security audits are directly linked to credit ratings and tax preferences for companies.

Keywords: algorithmization, institutional environment, cyber risks, macroeconomic indicators, platform economy, predictive analytics, technological transition, digitalization.

References

1. Abdrakhmanova, G.I., Zinina, T.S., Kovaleva, G.G. Dynamics of costs for the development of the digital economy // URL: https://issek.hse.ru/news/1132489247.html (accessed: 26.05.2026).
2. Vertakova, Yu.V., Bulgakova, I.N., Ding, Sh. Methods and tools for digital transformation of agricultural enterprises in the context of Industry 4.0 // π-Economy. – 2023. – Vol. 16. – No. 5. – Pp. 109-122.
3. Dikenson, D. Slowing growth, digitalization and tariffs: what awaits global trade in 2026? // URL: https://news.un.org/ru/story/2026/01/1467186 (accessed: 26.05.2026).
4. Kikot-Glukhodedova, T.V. Digitalization as a direction and threat to the economic security of the state // Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. – 2025. – No. 1. – Pp. 200-206.
5. Kopteva, L.A., Romanova, I.V. The impact of digitalization on certain sectors of the Russian economy // ETAP: Economic Theory, Analysis, Practice. – 2025. – No. 2. – Pp. 68-92.
6. Kudryashova, Yu.S. Benefits and risks of digitalization of the economy, prospects and barriers to digitalization in Russia // Financial Markets and Banks. – 2025. – No. 2. – Pp. 88-94.
7. Vitinyuk, T.A., Lesnikova, N.E. Digitalization of the economy: review of global trends and Russian experience // Economics and Entrepreneurship. – 2025. – No. 1 (174). – Pp. 539-544.
8. HSE University. Digital economy. Brief statistical compilation. 2026 // URL: https://ict.moscow/projects/ai/research/tsifrovaia-ekonomika-kratkii-statisticheskii-sbornik-2026-god/ (accessed: 26.05.2026).
9. From digitalization to intellectual transformation: new drivers of economic growth in Russia // URL: https://www.fa.ru/university/structure/university/uso/press-service/press-releases/ot-tsifrovizatsii-k-intellektualnoy-transformatsii-novye-drayvery-ekonomicheskogo-rosta-v-rossii (accessed: 26.05.2026).
10. Digital Economy 2026: how the new architecture of growth, technology and competition is being formed // URL: https://fintech-retail.com/2026/04/10/цифровая-экономика-2026-как-формируется/ (accessed: 26.05.2026).
11. Digital economy to reach $28 trillion next year: report // URL: https://relinvestmentsgroup.com/tsifrovaya-ekonomika-dostignet-28-trillionov-dollarov-v-sleduyushhem-godu-otchet/ (accessed: 26.05.2026).
12. Chudaev, A.V., Igolkina, L.M., Kobylitsky, A.N., Zheng, S. Digitalization of joint innovations in cross-border rail transportation between Russia and China and their impact on the regional economy // Economics and Entrepreneurship. – 2026. – No. 2 (187). – Pp. 161-166.
13. Shulimova, M.A., Biryukov, R.M., Makkaeva, R.S.A. Economic security and digitalization: challenges and Russia's paths to sustainable development // Problems of Market Economy. – 2025. – No. 1. – Pp. 78-84.
14. Rong, K. Research agenda for the digital economy // Journal of Digital Economy. – 2022. – Vol. 1. – No. 1. – Pp. 20-31.

Адаптивная модель прогнозирования рисков внешнеэкономической деятельности в системе государственного регулирования ЕАЭС

Нефедов Павел Аркадьевич
аспирант, кафедра финансово-экономического и бизнес-образования, Государственный университет просвещения, PWellNet@yandex.ru

Цель исследования заключается в разработке теоретических основ и структурной организации адаптивной модели прогнозирования рисков во внешнеэкономической деятельности (ВЭД) на основе концепции распределенного контроля. В условиях глобальной переориентации логистических маршрутов применение традиционной дискретной системы управления рисками (СУР) ведет к непропорциональному увеличению трансакционных издержек легального бизнеса из-за роста замороженного капитала. В работе применены методы институционального и компаративного анализа, а также экономической декомпозиции издержек. В результате предложена многоуровневая институционально-экономическая модель, обосновывающая переход к непрерывному анализу цифрового следа транснациональных цепей поставок. Сформировано процессинговое ядро на основе архитектуры гибридного интеллекта, распределяющего аналитические задачи между алгоритмами машинного обучения и инспекторами. Доказано, что интеллектуализация контроля формирует стимулирующий макроэкономический эффект (высвобождение ликвидности предприятий) и регуляторно-защитный эффект (защита национального рынка от демпинга). Результаты могут быть использованы при разработке цифровой системы контроля движения товаров в ЕАЭС.
Ключевые слова: внешнеэкономическая деятельность, система управления рисками, ЕАЭС, канальные риски, гибридный интеллект, трансакционные издержки.

Введение

В системе государственного регулирования экономики таможенная граница выполняет функцию институционального барьера, определяющего параметры внешнеэкономической деятельности (ВЭД). Изменение векторов международной торговли требует системной адаптации существующих механизмов государственного администрирования. Значимым элементом процесса регулирования выступает система управления рисками (СУР), качество реализации которой напрямую определяет баланс между содействием торговой активности и эффективностью контроля [5, с. 14, 17, с.354; 18, с. 15]. Основная экономическая проблема заключается в том, что процессы выявления рисков осуществляются преимущественно дискретно, на этапе подачи декларации. Добросовестные участники ВЭД несут издержки, связанные с прохождением процедур фактического контроля наравне с высокорисковыми организациями [8, с. 252]. Интеграция технологий обработки больших массивов данных в единую цифровую систему контроля выступает объективным условием для оптимизации издержек легального бизнеса [20, с. 2]. Цель данного исследования заключается в разработке теоретических основ и архитектуры адаптивной модели прогнозирования рисков на базе концепции распределенного контроля.

Материалы и методы

Методологическая база исследования основывается на комплексном применении методов институционального анализа, компаративного анализа международного опыта, а также принципов экономической декомпозиции трансакционных издержек в условиях применения предиктивной аналитики (OLAP) и больших данных (Big Data). С позиций экономической теории, процесс торговли характеризуется информационной асимметрией между государством и субъектами бизнеса. Интеллектуальная СУР в этом контексте рассматривается как институциональный стабилизатор, который через алгоритмы выравнивает информационный дисбаланс и ограничивает оппортунистическое поведение. Информационной базой оценки целевого уровня цифровизации выступили положения Стратегии развития таможенной службы РФ до 2030 года [1]. Был проведен анализ зарубежного опыта цифровизации: концепции ЕС «Trust & Check» [25], методов графового сетевого анализа США [21] и стратегии централизованных хранилищ данных «Smart Customs» КНР [22], а также передовых инициатив Сингапура [19; 24]. Рекомендации Всемирной таможенной организации подтверждают необходимость масштабной алгоритмизации контроля [23; 26]. Интеграция подобного предиктивного инструментария в ЕАЭС является объективной необходимостью для внедрения принципов распределенного во времени контроля.

Литературный обзор

Вопросы практической унификации СУР как механизма развития евразийской интеграции глубоко исследованы коллективом авторов под руководством В. Б. Мантусова [11, с. 32]. Концептуальные основы распределенного контроля предложены А. А. Насибуллиным и В. В. Макрусевым [13, с. 171; 14, с. 15]. Вопросы информатизации и применения искусственного интеллекта рассматриваются в исследованиях Д. Н. Афонина [2, с. 14], А. А. Курочки [9, с. 18] и Г. Е. Мютте [12, с. 6]. Теоретические аспекты институциональной трансформации СУР раскрыты в трудах В. В. Макрусева [10, с. 95] и Е. В. Кирюхиной [7, с. 125]. Использование алгоритмов селективного контроля в качестве механизма таможенного протекционизма изучается Е. Г. Бондарь [4, с. 3]. Необходимость разработки единой цифровой платформы контроля доказана Д. Н. Барановым [3, с. 18], а важность организационно-управленческой адаптации ведомств подчеркивается коллективом Т. В. Дорожкиной [15, с. 185]. Однако теоретические положения субъектно-ориентированного подхода свидетельствуют о необходимости перехода к комплексной модельной трансформации оценки, что требует обобщения в виде единой макроэкономической модели прогнозирования рисков.

Результаты

В качестве практического результата исследования предложена многоуровневая структурная организация адаптивной модели прогнозирования рисков. Первый этап (агрегация данных) предполагает консоли-

дацию информации в едином централизованном хранилище данных таможенных ведомств ЕАЭС. Использование технологий Big Data позволяет интегрировать сведения предварительного информирования, данные о перемещении транспортных средств и финансовые транзакции в сквозной цифровой профиль цепи поставок. Второй этап реализует многомерный предиктивный анализ (OLAP). Интеллектуальная модель выстраивает многомерные кубы данных, где измерениями выступают логистические маршруты, стоимостные характеристики и институциональная надежность контрагентов. Индикаторы оценки канального риска в предложенной модели систематизированы в таблице 1.

Таблица 1
Индикаторы оценки канального риска в адаптивной модели прогнозирования

Группа индикаторов	Наименование индикатора риска	Экономический смысл (влияние на уровень канального риска)
Логистические	Коэффициент отклонения от заявленного маршрута	Повышает риск (указывает на вероятность подмены товара или фиктивный транзит)
	Индекс фрагментации цепи поставок	Повышает риск (экономически необоснованное число фирм-посредников)
Финансовые	Скорость транзакций и использование офшоров	Повышает риск (маркер неправомерного вывода капитала)
	Отклонение «инвойсной цены» от рыночных медиан	Повышает риск (маркер умышленного занижения налогооблагаемой базы)
Институциональные	Индекс корпоративной истории импортера	Снижает риск (подтверждение прозрачной истории уплаты платежей)
Группа индикаторов	Наименование индикатора риска	Экономический смысл (влияние на уровень канального риска)

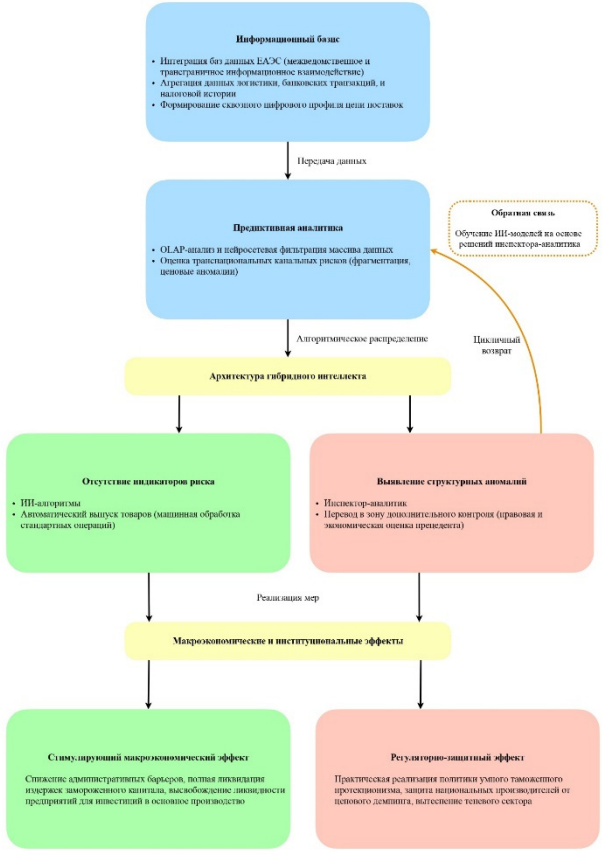


Рис. 1. Институционально-экономическая модель адаптивного прогнозирования рисков

Третий этап формирует процессинговое ядро модели на основе архитектуры гибридного интеллекта (рис. 1). Экономический смысл алгоритма базируется на принципе сравнительного преимущества: ИИ осуществляет потоковую фильтрацию массивов данных (автоматический выпуск стандартных партий), а должностное лицо выступает высококвалифицированным макроэкономическим аналитиком, разбирающим сложные структурные аномалии. Подобный подход позволяет нивелировать проблему широкой вариативности результатов контроля, отмечаемую исследователями [16, с. 28].

Обсуждение

Четвертый этап модели включает реализацию макроэкономического эффекта. С позиций неоинституциональной теории традиционные издержки фактического контроля действуют как неявный налог. В условиях дискретной системы время простоя партии конвертируется в прямые потери, формируя эффект омертвления капитала. Переход к адаптивной предиктивной модели инициирует структурный сдвиг (Таблица 2).

Таблица 2
Сравнительная оценка структуры трансакционных издержек участников ВЭД

Элемент издержек	Традиционная модель (локальный документальный контроль)	Адаптивная модель (распределенный гибридный интеллект)	Ожидаемый экономический эффект
Издержки замороженного капитала	Проверка документов увеличивает финансовые потери от замораживания средств	Процедура автовыпуска товаров низкого риска сводит время задержки к минимуму	Ускорение товарооборачиваемости, высвобождение ликвидности предприятий
Прямые административные издержки	Широкий охват приводит к массовому проведению безрезультативных досмотров	Выявление нарушителей осуществляется целенаправленно	Снижение расходов импортеров на услуги терминалов и складов (СВХ)
Косвенные коммерческие риски	Риски срыва поставок, необходимость штата специалистов по оформлению	Формируются долгосрочные партнерские отношения государства и бизнеса	Долгосрочное сокращение издержек, стабилизация цен

Высвобождение ранее замороженного оборотного капитала генерирует макроэкономический мультипликативный эффект. Ускорение оборачиваемости запасов повышает рентабельность операционной деятельности импортеров. Применение адаптивной модели обеспечивает реализацию механизмов умного таможенного протекционизма: импорту производственного оборудования предоставляется алгоритмический приоритет, а для серого импорта потребительских товаров формируются жесткие барьеры.

Заключение

Предложенный переход от дискретного контроля товарных партий к непрерывному анализу транснациональных канальных рисков способствует преодолению информационной асимметрии между государством и бизнесом. Интеллектуализация процессов минимизирует издержки добросовестных импортеров и повышает инвестиционную привлекательность международной торговли ЕАЭС. Алгоритмическое распределение задач между ИИ и должностными лицами позволяет использовать превосходство вычислительных мощностей, сохраняя функции правовой оценки за человеком. Перспективы дальнейших исследований связаны с количественной эконометрической оценкой степени высвобождения оборотных средств бизнеса при полномасштабном внедрении предиктивных алгоритмов в контрольные процедуры ЕАЭС.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 23.05.2020 № 1388-р «Стратегия развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года» // СПС «КонсультантПлюс».

2. Афонин, Д. Н. Современные тенденции информатизации таможенной службы / Д. Н. Афонин // Бюллетень инновационных технологий. – 2024. – Т. 8, № 4(32). – С. 13-16.

3. Баранов, Д. Н. Разработка цифровой системы контроля за движением товаров таможенных органов Евразийского экономического союза / Д. Н. Баранов // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2022. – № 2(42). – С. 15-22.

4. Бондарь, Е. Г. Система управления рисками как инструмент таможенного протекционизма в условиях изменения экономической политики России / Е. Г. Бондарь, Т. В. Колесникова // Вестник Евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 6. – URL: https://esj.today/PDF/02ECVN623.pdf.

5. Власкина, К. М. Применение системы управления рисками в таможенном деле РФ / К. М. Власкина, В. В. Боброва // Академическая публицистика. – 2024. – № 7-2. – С. 13-15.

6. Жуков, Д. Б. Автоматизация деятельности таможенных органов при реализации перспективной модели совершения таможенных операций / Д. Б. Жуков // Вестник Российской таможенной академии. – 2023. – № 3. – С. 9-17.

7. Кирюхина, Е. В. Анализ практики применения системы управления рисками в таможенном деле / Е. В. Кирюхина // Академическая публицистика. – 2024. – № 6-2. – С. 124-126.

8. Кнышов, А. В. Оценка деятельности таможенных органов России по применению системы управления рисками / А. В. Кнышов, А. Л. Золкин, М. С. Чистяков // Экономика и управление: теория и практика. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 251-259.

9. Курочка, А. А. Информационные технологии повышения эффективности таможенного администрирования в Российской Федерации : автореф. дис. ... канд. социол. наук : 5.4.7 / Курочка Андрей Андреевич. – Ростов-на-Дону, 2023. – 38 с.

10. Макрусев, В. В. Развитие системы управления рисками в таможенной сфере: концептуальная и модельная трансформация / В. В. Макрусев, А. А. Насибуллин // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 1(150). – С. 94-98.

11. Мантусов, В. Б. Унификация систем управления рисками таможенных органов как механизм развития евразийской экономической интеграции / В. Б. Мантусов, Н. Г. Липатова, А. Р. Гладков // Вестник Российской таможенной академии. – 2024. – № 3. – С. 28-39.

12. Мютте, Г. Е. Перспективы цифровизации таможенного контроля в странах-членах ЕАЭС / Г. Е. Мютте // Бюллетень инновационных технологий. – 2026. – Т. 10, № 1(37). – С. 4-9.

13. Насибуллин, А. А. Концепция распределенной системы управления рисками в условиях создания интеллектуального пункта пропуска / А. А. Насибуллин, В. В. Макрусев // Интеллектуальный пункт пропуска в России и мире: компетентностный подход к созданию. – М., 2023. – С. 169-175.

14. Насибуллин, А. А. Совершенствование механизма повышения качества таможенных услуг на основе развития системы управления рисками : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Насибуллин Амир Азгарович. – Люберцы, 2022. – 27 с.

15. Об актуальных задачах цифровой трансформации таможенной системы / Т. В. Дорожкина, Е. С. Щербакова, К. А. Григорьева, Ю. А. Сапрыкин // Всероссийский журнал. – 2022. – С. 184-187.

16. Проблемы достижения результативности применения системы управления рисками в таможнях фактического контроля / Р. В. Романов, Е. А. Демакова, А. В. Бондарева, Г. Н. Григальчик // Торговля, сервис, индустрия питания. – 2023. – Т. 3, № 1. – С. 27-39.

17. Развитие системы управления рисками как современного механизма таможенного администрирования / Т. В. Дорожкина, Е. С. Щербакова, А. С. Макарова, А. И. Гранатырь // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 2(46). – С. 353-356.

18. Соколов, С. С. Становление системы управления рисками и эффективность ее применения / С. С. Соколов, И. Н. Дмитриева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 13-20.

19. Annual Statistics Report 2023 [Электронный ресурс] // Immigration & Checkpoints Authority (ICA) Singapore. – URL: https://www.ica.gov.sg/docs/default-source/ica/stats/annual-stats-report/ica-annual-statistics-2023.pdf (дата обращения: 18.04.2026).

20. Digital transformation readiness and big data analytics in laying hen supply chains / J. A. Putritamara, H. Toiba, T. W. Nugroho [et al.] // Sustainable Futures. – 2025. – Vol. 10. – P. 101422.

21. OIT Year in Review FY 2023 [Электронный ресурс] // U.S. Customs and Border Protection. – URL: https://www.cbp.gov/sites/default/files/2025-03/oit_fy23_year_in_review_executive_summary_updated.pdf (дата обращения: 07.04.2026).

22. Overview of China Smart Customs [Электронный ресурс]. – URL: http://english.customs.gov.cn/statics/0219de8d-d4e0-4097-9c4f-fa011b0e9d81.html (дата обращения: 07.04.2026).

23. Report on the Adoption of Artificial Intelligence and Machine Learning in Customs Administrations [Электронный ресурс] // WCO. – URL: https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/activities-and-programmes/smart-customs/public-version_detailed-report-on-the-adoption-of-ai-and-ml-in-customs.pdf (дата обращения: 07.04.2026).

24. Singapore Customs Annual Report 2024/2025 [Электронный ресурс]. – URL: https://file.go.gov.sg/customsannual2025.pdf (дата обращения: 07.04.2026).

25. European Commission. EU Customs Reform: A strategic proposal for a simpler, smarter and safer Customs Union [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/customs-4/eu-customs-reform_en (дата обращения: 08.04.2026).

26. WCO. SMART Customs [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: https://www.wcoomd.org/en/topics/facilitation/activities-and-programmes/smart-customs.aspx (дата обращения: 09.04.2026).

Adaptive risk forecasting model for foreign economic activity in the eaeu state regulation system

Nefedov P.A.
State University of Education

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The purpose of the study is to develop the theoretical foundations and structural organization of an adaptive risk forecasting model in foreign economic activity based on the concept of distributed control. In the context of the global reorientation of logistics routes, the application of a traditional discrete risk management system leads to a disproportionate increase in the transaction costs of legal business due to the growth of frozen capital. The study employs methods of institutional and comparative analysis, as well as economic decomposition of costs. As a result, a multi-level institutional and economic model is proposed, justifying the transition to continuous analysis of the digital footprint of transnational supply chains. A processing core is formed based on a hybrid intelligence architecture, distributing analytical tasks between machine learning algorithms and inspectors. It is proven that the intellectualization of control forms a stimulating macroeconomic effect (release of enterprise liquidity) and a regulatory and protective effect (protection of the national market from dumping). The results can be used in developing a digital system for controlling the movement of goods in the EAEU.

Keywords: foreign economic activity, risk management system, Eurasian Economic Union, channel risks, hybrid intelligence, transaction costs.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation of May 23, 2020, No. 1388-r "Strategy for the development of the customs service of the Russian Federation until 2030" // SPS ConsultantPlus.

2. Afonin, D. N. Modern trends in the informatization of the customs service / D. N. Afonin // Bulletin of Innovative Technologies. – 2024. – Vol. 8, No. 4(32). – P. 13-16.

3. Baranov, D. N. Development of a digital system for monitoring the movement of goods by the customs authorities of the Eurasian Economic Union / D. N. Baranov // Bulletin of Witte Moscow State University. Series 1: Economics and Management. – 2022. – No. 2(42). – P. 15-22.

4. Bondar, E. G. The risk management system as a tool of customs protectionism under the changing economic policy of Russia / E. G. Bondar, T. V. Kolesnikova // The Eurasian Scientific Journal. – 2023. – Vol. 15, No. 6. – URL: https://esj.today/PDF/02ECVN623.pdf.

5. Vlaskina, K. M. Application of the risk management system in the customs affairs of the Russian Federation / K. M. Vlaskina, V. V. Bobrova // Academic Publicism. – 2024. – No. 7-2. – P. 13-15.

6. Zhukov, D. B. Automation of the activities of customs authorities in the implementation of a promising model for customs operations / D. B. Zhukov // The Russian Customs Academy Messenger. – 2023. – No. 3. – P. 9-17.

7. Kiryukhina, E. V. Analysis of the practice of applying the risk management system in customs / E. V. Kiryukhina // Academic Publicism. – 2024. – No. 6-2. – P. 124-126.

8. Knyshov, A. V. Assessment of the activities of Russian customs authorities on the application of the risk management system / A. V. Knyshov, A. L. Zolkin, M. S. Chistyakov // Economics and Management: Theory and Practice. – 2022. – Vol. 8, No. 1. – P. 251-259.

9. Kurochka, A. A. Information technologies for improving the efficiency of customs administration in the Russian Federation : abstract of the dissertation ... Candidate of Sociological Sciences : 5.4.7 / Kurochka Andrey Andreevich. – Rostov-on-Don, 2023. – 38 p.

10. Makrusev, V. V. Development of the risk management system in the customs sphere: conceptual and model transformation / V. V. Makrusev, A. A. Nasibullin // Journal of Economy and Entrepreneurship. – 2023. – No. 1(150). – P. 94-98.

11. Mantusov, V. B. Unification of risk management systems of customs authorities as a mechanism for the development of Eurasian economic integration / V. B. Mantusov, N. G. Lipatova, A. R. Gladkov // The Russian Customs Academy Messenger. – 2024. – No. 3. – P. 28-39.

12. Myutte, G. E. Prospects for the digitalization of customs control in the EAEU member states / G. E. Myutte // Bulletin of Innovative Technologies. – 2026. – Vol. 10, No. 1(37). – P. 4-9.

13. Nasibullin, A. A. The concept of a distributed risk management system in the context of creating an intelligent checkpoint / A. A. Nasibullin, V. V. Makrusev // Intelligent checkpoint in Russia and the world: a competence-based approach to creation. – Moscow, 2023. – P. 169-175.

14. Nasibullin, A. A. Improving the mechanism for enhancing the quality of customs services based on the development of the risk management system : abstract of the dissertation ... Candidate of Economic Sciences : 08.00.05 / Nasibullin Amir Azgarovich. – Lyubertsy, 2022. – 27 p.

15. On the current tasks of the digital transformation of the customs system / T. V. Dorozhkina, E. S. Shcherbakova, K. A. Grigoryeva, Yu. A. Saprykin // All-Russian Journal. – 2022. – P. 184-187.

16. Problems of achieving the effectiveness of applying the risk management system in customs of actual control / R. V. Romanov, E. A. Demakova, A. V. Bondareva, G. N. Grigalchik // Trade, Service, Food Industry. – 2023. – Vol. 3, No. 1. – P. 27-39.

17. Development of the risk management system as a modern mechanism of customs administration / T. V. Dorozhkina, E. S. Shcherbakova, A. S. Makarova, A. I. Granatyr // Natural-Humanitarian Studies. – 2023. – No. 2(46). – P. 353-356.

18. Sokolov, S. S. Formation of the risk management system and the effectiveness of its application / S. S. Sokolov, I. N. Dmitrieva // Bulletin of SUSU. Series "Economics and Management". – 2023. – Vol. 17, No. 2. – P. 13-20.

19. Annual Statistics Report 2023 [Electronic resource] // Immigration & Checkpoints Authority (ICA) Singapore. – URL: https://www.ica.gov.sg/docs/default-source/ica/stats/annual-stats-report/ica-annual-statistics-2023.pdf

Трансформация теорий управленческого решения в эпоху искусственного интеллекта: концептуальный обзор и сценарная модель гибридного управления

Скворцова Инга Викторовна
д.э.н., доцент, Высшая школа производственного менеджмента, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ingaskvor@spbstu.ru,

Нурулин Юрий Рифкатович
д.т.н., профессор, Высшая школа производственного менеджмента, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, nurulin_yur@spbstu.ru,

Сомов Андрей Георгиевич
к.э.н., ст. преподаватель, Высшая школа производственного менеджмента, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, somovspb@yandex.ru

В статье представлен концептуальный обзор трансформации теорий управленческого решения под влиянием искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых технологий с акцентом на переход от классических рациональных и поведенческих моделей к гибридным когнитивно-цифровым подходам. Синтез литературы и концептуальная карта эволюции демонстрируют переход управленческого решения из категории антропоцентричных в категорию гибридных человеко-машинных контуров. Научная новизна состоит в формализации интегрального индекса цифровой зрелости принятия решений DDMI (Decision-making Digital Maturity Index), разработке сценарной модели распределения ролей между человеком и алгоритмом на основе соотношения точности и объяснимости, а также в демонстрационной апробации модели на агрегированных метриках вторичных исследований. Получены расчётные ориентиры: интегральный уровень цифровой зрелости при заданных параметрах составляет около 0,537, что соответствует среднему диапазону; сценарные пропорции участия алгоритма составляют около 0,4 для стратегических и 0,7 для операционных задач, что соответствует ориентировочным соотношениям 60:40 и 30:70 «человек–алгоритм». Предложенная модель рассматривается как методический прототип для последующей эмпирической проверки и аудита цифровой зрелости принятия управленческих решений.

Ключевые слова: управленческое решение, искусственный интеллект, гибридный интеллект, коэволюция человека и технологий, искусственные нейронные сети, объяснимый ИИ (XAI), эволюция управленческих теорий, индекс цифровой зрелости.

Введение

Цель работы — систематизировать направления трансформации теорий управленческого решения в эпоху ИИ, описать механизмы перехода от антропоцентричных к гибридным когнитивно-цифровым моделям и предложить сценарную количественную модель, формализующую распределение ролей между человеком и алгоритмом. Научная постановка опирается на эволюционные и социокультурные предпосылки, коэволюцию человеческого и искусственного интеллекта, философско-методологические дискуссии о рисках и возможностях ИИ.

Задачи исследования: систематизировать ключевые школы и периоды развития управленческих теорий и соотнести их ограничения с возможностями ИИ; сопоставить эволюционно-антропологические, социологические и технологические основания трансформации [1–9]; формализовать интегральный показатель цифровой зрелости принятия решений и предложить сценарную модель оптимальных пропорций «человек–алгоритм»; проиллюстрировать модель на сводных метриках вторичных эмпирических исследований.

Гипотеза исследования

Интеграция ИИ в процессы принятия управленческих решений не заменяет человеческую рациональность, а трансформирует её в гибридный контур, где оптимальное распределение ролей зависит от типа задачи, веса точности, уровня объяснимости, стоимости ошибки и требований этической ответственности.

Научная новизна. Предложена целостная типология трансформаций управленческих теорий, увязанная с ИИ-механизмами (ML/Big Data, цифровые двойники, XAI). Введён интегральный показатель DDMI как инструмент аудита цифровой зрелости. Сценарные соотношения «человек–алгоритм» 60:40 для стратегических и 30:70 для операционных задач получены как результат двухкритериальной оптимизации с явным указанием на их прототипный характер. Поле метрик визуализировано радарной диаграммой с двумя контурами «до/после».

Обзор литературы

Российский сегмент. В. И. Аршинов и В. Г. Буданов [1] связывают сетевые информационные революции с «большим антропологическим переходом», рассматривая управленческое решение как часть эволюции когнитивных систем человечества. Я. Д. Вишняков [2] развивает идею коэволюции человеческого разума и ИИ как новой парадигмы XXI века. Л. Е. Гринин, А. Л. Гринин и И. Л. Гринин [3; 4] систематически анализируют двойственную роль ИИ — как инструмента повышения эффективности и как источника новых рисков. Л. М. Катиева [5] акцентирует внимание на нейросетях как технологической базе; Н. П. Копцева [6] представляет социологический анализ ИИ; А. А. Миндигулова [7], Т. А. Отбеткина [8] и Н. Б. Утегенов [9] анализируют истоки, развитие и современное состояние феномена ИИ.

Зарубежный сегмент. Фундамент современной теории принятия управленческих решений составляют работы Г. Саймона по ограниченной рациональности [10; 11], Ч. Линдблома по инкрементализму [12], Д. Канемана и А. Тверски о двух системах мышления и когнитивных искажениях [13; 14]. Стратегический менеджмент представлен ресурсной концепцией Дж. Барни [15] и динамическими способностями Д. Тиса [16]. Современный массив литературы об интеграции ИИ в управленческие процессы формируют работы Т. Давенпорта и Р. Ронанки [17], Э. Бриньолфссона и Э. Макафи [18], А. Аграуола, Дж. Ганса и А. Гольдфарба [19]. Гибридный интеллект и совместные человеко-машинные решения раскрыты в работах А. Рая, П. Константинидеса и С. Саркера [20], Д. Деллерманна с соавторами [21] и М. Х. Джаррахи [22]. Тематика объяснимого ИИ (XAI) опирается на работы Ф. Доши-Велес и Б. Ким [23], А. Барредо Арриеты с соавторами [24] и Д. Ганнинга [25]. Логика отбора литературы ориентирована на элементы протокола PRISMA-2020 [26].

Управленческое решение в эпоху ИИ следует рассматривать как гибридный феномен, формирующийся на пересечении когнитивных, технологических и социальных факторов. Дальнейшая исследовательская повестка включает систематизацию подходов к интеграции ИИ в управленческие модели, разработку критериев их эффективности и анализ этико-социальных последствий.

Методика исследования

Исследование выполнено как концептуальный обзор с элементами систематического картографирования литературы и сценарного количественного моделирования. Логика отбора источников ориентирована на отдельные принципы протокола PRISMA-2020 [26] без претензии на полное соответствие стандарту, поскольку часть источников включалась на основании теоретической значимости. Источники отбирались в базах eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science и Google Scholar по комбинациям ключевых слов «управленческое решение», «искусственный интеллект», «гибридный интеллект», «объяснимый ИИ», «эволюция теорий менеджмента» в временном окне 1955–2025 гг. Критерии включения: тематическое соответствие принятию решений и ИИ-инструментам; наличие теоретической рамки или эмпирических данных; научный статус источника. Для каждого источника фиксировались исходная теоретическая рамка, ключевые ограничения, ИИ-механизм трансформации и наблюдаемые эффекты по осям «точность / скорость / риск / прозрачность». На основе выявленных метрик построена сценарная количественная модель, включающая интегральный индекс DDMI и двухкритериальную оптимизацию пропорций «человек–алгоритм» в форме мультипликативной свёртки.

Основная часть

Таблица 1 отражает эволюцию управленческих теорий от классических рациональных моделей до современных гибридных когнитивно-цифровых подходов, формирующихся под влиянием искусственного интеллекта.

Таблица 1

Трансформация теорий управленческого решения в эпоху искусственного интеллекта (составлено авторами на основе [1; 3; 10–22])

Период / Теория	Ключевые особенности	Ограничения традиционного подхода	Трансформация под влиянием ИИ	Перспективные направления исследований
Классические модели (1950–1970-е): рациональный выбор, ограниченная рациональность (Г. Саймон) [10; 11]	Решение как логический процесс; акцент на формальной оптимизации и последовательных стадиях	Сложность среды, ограниченные вычислительные ресурсы, субъективность восприятия	Использование ИИ для обработки больших массивов данных, расширение когнитивных возможностей менеджера	Изучение когнитивного взаимодействия человека и алгоритмов при принятии решений
Развитие поведенческой и инкрементальной логики (1950–1990-е): инкрементализм (Ч. Линдблом, 1959) [12], политическая модель	Учёт ограниченности ресурсов, компромиссы, влияние групп интересов	Высокая неопределённость, субъективизм, влияние скрытых факторов	Применение машинного обучения для выявления скрытых паттернов и смягчения субъективных искажений	Разработка моделей «человек–машина» для согласования коллективных решений
Ситуационный и системный подход (1980–2000-е)	Решения зависят от контекста и среды; интеграция системного анализа	Трудности комплексного учёта всех переменных	ИИ позволяет строить цифровые двойники и прогнозные модели для разных сценариев	Исследование адаптивных систем поддержки решений на базе предиктивной аналитики
Стратегические и ресурсно-ориентированные модели (1990–2010-е) [15; 16]	Акцент на долгосрочной устойчивости, конкурентных преимуществах	Ограниченная гибкость, невозможность учитывать динамические данные	Big Data и ИИ позволяют в реальном времени корректировать стратегии и оценивать ресурсы	Анализ интеграции ИИ в стратегический менеджмент и управление рисками
Современный этап (2010–2025): динамические и цифровые модели [17–19]	Гибкие, основаны на данных, мультидисциплинарность	Зависимость от качества данных, проблема этики и прозрачности ИИ	ИИ выступает инструментом поддержки, генерации альтернатив и аналитической верификации управленческих решений	Создание этически ориентированных систем; разработка объяснимого ИИ (XAI) [23–25]
Прогнозный этап / исследовательская перспектива (2026–2035): гибридные когнитивно-цифровые модели [20–22]	Синергия ИИ, нейроэкономики и поведенческих наук	Недостаточная исследованность влияния ИИ на коллективное принятие решений	Переход к совместным человеко-машинным системам, интеграция генеративных моделей	Разработка методологий оценки эффективности гибридных решений; влияние ИИ на управленческую культуру

Сводный анализ метрик трансформации. По данным вторичных эмпирических исследований [17–22]: 78 % крупных корпораций используют ИИ для аналитики и генерации рекомендаций; 65 % руководителей обозначают этику и прозрачность как ключевой барьер внедрения; прирост эффективности человеко-машинных решений в пилотных исследованиях достигает 42 %; скорость принятия операционных решений возрастает в 5–7 раз; операционные риски снижаются в среднем на 28 %; точность долгосрочного прогнозирования достигает 85 % по сводным оценкам. Указанные значения являются обобщёнными оценками и используются как сценарные входные параметры для расчётных блоков.

Блок А. Интегральный индекс цифровой зрелости принятия решений (DDMI)

Для агрегирования разнородных метрик трансформации введём композитный показатель:

$DDMI = \Sigma w_i \cdot x_i, \Sigma w_i = 1, x_i \in [0; 1], i = 1, \ldots, 5$

где x_i — нормированные показатели зрелости. Содержание компонентов и способ их измерения операционализированы в таблице 2.

Таблица 2

Операционализация компонентов DD□I

Компонент	Смысл	Способ измерения	Шкала	Источник данных / основание
x_1 — Accuracy	Точность прогноза	Доля верных прогнозов; альтернативно 1 − MAPE	0–1	Метрики ML-модели; 0,85 — сводная оценка [18; 19]
x_2 — Speed	Скорость решений	1 − t/t_max при кратности ускорения k = 7	0–1	Бизнес-процесс; 0,857 [19; 22]
x_3 — RiskReduction	Доля снижения операционного риска	ΔRisk / Risk₀	0–1	Риск-реестр; 0,28 [17; 19]
x_4 — XAICoverage	Доля решений с объяснением	Число решений с XAI / всего решений	0–1	Аудит ИИ-системы; 0,35 — экспертная оценка по [23; 24]
x_5 — EthicsCompliance	Доля решений, прошедших этический аудит	Число решений, соответствующих регламенту / всего	0–1	Корпоративный этический регламент; 0,35 — экспертная оценка

В прикладных задачах веса w_i определяются методом анализа иерархий Т. Саати с проверкой согласованности матрицы парных сравнений (CR < 0,10). На данном этапе для демонстрационного расчёта используется упрощённое равновесное взвешивание $w_i = 0{,}2$, что подлежит уточнению на этапе организационной апробации. При указанных сценарных значениях:

$DDMI = 0{,}2 \cdot (0{,}85 + 0{,}857 + 0{,}28 + 0{,}35 + 0{,}35) = 0{,}537$

Полученный уровень 0,537 (≈ 53,7 %) соответствует среднему диапазону цифровой зрелости и иллюстрирует тезис о незавершённости перехода к гибридной парадигме. Показатель DDMI предлагается как инструмент диагностики «до/после» внедрения ИИ в конкретной организации, требующий настройки весов и калибровки шкал по отраслевым данным.

Блок Б. Сценарная двухкритериальная модель пропорций «человек–алгоритм»

Линейная свёртка с линейными функциями преимуществ не даёт внутреннего оптимума: производная dE/dα не зависит от α, и решение оказывается угловым (α = 0 либо α = 1). Поэтому используется мультипликативная свёртка типа Кобба—Дугласа, естественная для случая, когда оба критерия должны присутствовать одновременно (нулевая объяснимость обнуляет общую полезность так же, как и нулевая точность).

Пусть $\alpha \in (0; 1)$ — доля участия алгоритма, $(1 - \alpha)$ — доля участия человека. Нормированная точность растёт по α, нормированная объяснимость и ответственность убывают по α. Аппроксимация:

$A(\alpha) = \alpha,\ X(\alpha) = 1 - \alpha$

Свёртка полезности с эластичностями λ и $(1 - \lambda)$, где λ — относительный вес точности в данном классе задач:

$E(\alpha) = \alpha^{\lambda} \cdot (1-\alpha)^{(1-\lambda)}$

Логарифмируя и приравнивая производную к нулю, получаем:

$d \ln E / d\alpha = \lambda/\alpha - (1-\lambda)/(1-\alpha) = 0 \Rightarrow \alpha^* = \lambda$

При $\lambda \approx 0{,}4$ (стратегические задачи: важна объяснимость и принятие ответственности) $\alpha^* \approx 0{,}4$ — ориентировочная пропорция 60:40 «человек–алгоритм». При $\lambda \approx 0{,}7$ (операционные задачи: важна точность и скорость) $\alpha^* \approx 0{,}7$ — пропорция 30:70. Пропорции 60:40 и 30:70 рассматриваются как сценарные ориентиры, требующие последующей эмпирической валидации.

Блок В. Сценарная оценка экономического эффекта (NPV-расчёт)

Для условного предприятия при годовой стоимости операционных рисков L = 50 млн руб. снижение на 28 % даёт ежегодный денежный поток CF = 14 млн руб. При инвестициях I_0 = 30 млн руб., ставке дисконтирования r = 12 % и горизонте T = 5 лет:

NPV = Σ CF/(1+r)^t − I₀ = 14 · 3,605 − 30 ≈ 20,47 млн руб.

Внутренняя норма доходности IRR ≈ 37 %, период окупаемости PP ≈ 2,2 года. Сценарный расчёт показывает потенциальную экономическую оправданность инвестиций в ИИ-платформу при заданных параметрах.

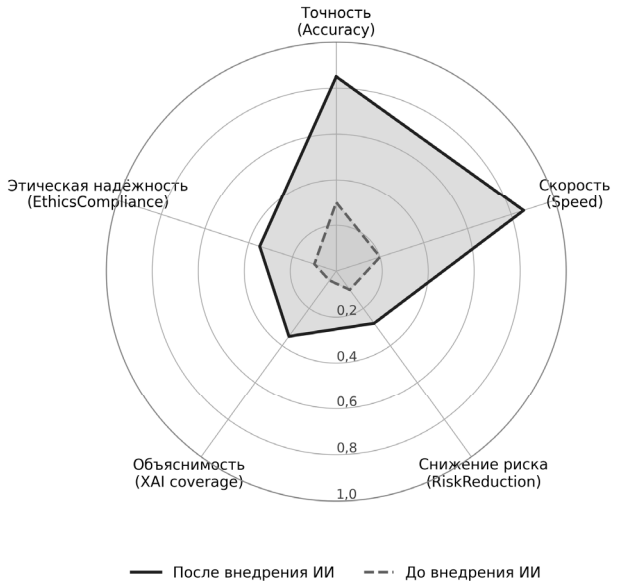


Рисунок 1 — Радарная диаграмма ключевых метрик трансформации управленческих решений (контуры «до» и «после» внедрения ИИ; составлено авторами на основе [17–22])

Диаграмма (рис. 1) сопоставляет пять нормированных осей DDMI до и после внедрения ИИ, наглядно демонстрируя направления роста (точность, скорость, снижение риска) и зоны отставания (этика, объяснимость), что подтверждает необходимость целевого развития XAI-технологий.

Направления дальнейшей эмпирической валидации модели

Предложенная сценарная модель предполагает четыре направления количественной проверки на отраслевых данных. Во-первых, статистическая проверка гипотезы о превосходстве гибридных решений по двухвыборочному t-критерию Стьюдента для нормированной эффективности; при условной выборке n = 50, стандартном отклонении s ≈ 0,15 и разнице средних 0,42 модельная статистика t ≈ 14,0 и размер эффекта по Коэну d ≈ 2,8 указывают на потенциально крупный эффект, требующий подтверждения на реальных выборках. Во-вторых, оценка когнитивной нагрузки по закону Хика—Хаймана RT = a + b · $\log_2$(N + 1), показывающая, что время реакции человека-эксперта при выборе из 10 000 альтернатив (≈ 2150 мс) превышает порог удерживаемого внимания, тогда как ИИ-системы способны обрабатывать большие пространства вариантов за счёт параллельных вычислений и эвристической фильтрации. В-третьих, мониторинг согласованности человек–алгоритм по κ-коэффициенту Коэна κ = (P_o − P_e) / (1 − P_e), где κ < 0,4 соответствует слабому согласию и требованию XAI/ручного арбитража, а κ ≥ 0,75 — зоне допустимого делегирования алгоритму. В-четвёртых, калибровка весов DDMI методом анализа иерархий Т. Саати с привлечением экспертных групп и проверкой согласованности матрицы парных сравнений.

Прикладная иллюстрация

Для промышленного предприятия DDMI может рассчитываться по пяти блокам: точность прогноза спроса; скорость согласования управленческих решений; доля снижения брака или простоев относительно базового уровня; доля рекомендаций ИИ, сопровождаемых объяснением; наличие этического аудита автоматизированных решений. Сравнение DDMI до и после внедрения ИИ-платформы позволяет определить не только общий эффект цифровизации, но и слабые зоны — например, высокую точность при низкой объяснимости, требующую развития XAI-инструментария.

Ограничения исследования

Ограничением исследования является использование вторичных и агрегированных метрик, не позволяющих делать окончательные выводы о причинно-следственной связи между внедрением ИИ и ростом эффективности управленческих решений. Представленные расчёты блоков A–B и направлений валидации имеют демонстрационно-сценарный характер и требуют последующей проверки на отраслевых данных. Значения весов DDMI и параметры функций точности и объяснимости должны уточняться с учётом типа организации, качества данных, уровня цифровой зрелости и регуляторных требований. Соотношения 60:40 и 30:70 «человек–алгоритм» являются сценарными ориентирами, а не нормативными требованиями.

Выводы

Управление переходит от антропоцентричных к гибридным человеко-машинным контурам. Ключевые эффекты ИИ проявляются в потенциальном росте точности (до 85 %), ускорении принятия решений (в 5–7 раз) и снижении операционных рисков (на 28 %), при одновременном росте требований к этике и прозрачности (65 % руководителей обозначают это как барьер).

Сценарная апробация модели на сводных метриках обзора даёт интегральный уровень цифровой зрелости DDMI ≈ 0,537, что соответствует среднему диапазону. Сценарные пропорции «человек–алгоритм» 60:40 для стратегических и 30:70 для операционных задач получены как результат мультипликативной двухкритериальной свёртки и рассматриваются как ориентиры для последующей эмпирической валидации. Сценарный NPV-расчёт показывает потенциальную экономическую оправданность инвестиций в ИИ-платформу (NPV ≈ 20,5 млн руб., IRR ≈ 37 %, PP ≈ 2,2 года) при заданных параметрах.

Перспективы развития исследования: разработка модели коллективного и многоагентного (human-in-the-loop) согласования решений с оценкой организационной устойчивости; дизайн «операционных конвейеров решений» с контролируемым соотношением «человек–алгоритм»; эмпирическая валидация предложенных метрик и сценарных пропорций на отраслевых выборках; калибровка весов DDMI методом анализа иерархий.

Вклад статьи состоит в систематизации теоретического поля, операционализации эффектов ИИ через набор измеримых метрик, формализации сценарной модели распределения ролей «человек–алгоритм» и в формулировании прикладной повестки для стратегического и операционного менеджмента на горизонте 2026–2035 гг.

Финансирование

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Санкт-Петербургского государственного автономного учреждения «Фонд поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности» по договору № 25-RB-09-28 от 23 декабря 2025 г. «Разработка интеллектуальной системы адаптивного прогнозирования теплопотребления в городской среде на основе цифрового двойника тепловой сети и моделирования климатических сценариев на основе ИИ».

Funding. *This research was supported by the Saint Petersburg State Autonomous Institution «Fund for Support of Scientific, Scientific-Technical and Innovation Activities» under Contract No. 25-RB-09-28 dated December 23, 2025, «Development of an Intelligent System for Adaptive Forecasting of Heat Consumption in an Urban Environment Based on a Digital Twin of the Heat Network and AI-Based Climate Scenario Modeling».*

Литература

1. Аршинов В.И., Буданов В.Г. Сетевые информационные революции и Большой антропологический переход: эволюционный аспект // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2020. № 4. С. 40–51. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-46-56. EDN: EWGBNN.

2. Вишняков Я.Д. Коэволюция человеческого разума и искусственного интеллекта // Моисеев Н.Н. о России в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения: сборник основных докладов XXVIII Моисеевских чтений — Международной научно-практической конференции: в 2 ч. Нижний Новгород: Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, 2021. Ч. 1. С. 143–145. EDN: XCFJLM.

3. Гринин Л.Е., Гринин А.Л., Гринин И.Л. Искусственный интеллект: развитие и тревоги. Взгляд в будущее. Статья первая. Информационные технологии и искусственный интеллект: прошлое, настоящее и некоторые прогнозы // Философия и общество. 2023. № 3(108). С. 5–35. DOI: 10.30884/jfio/2023.03.01.

4. Гринин Л.Е., Гринин А.Л., Гринин И.Л. Искусственный интеллект: развитие и тревоги. Взгляд в будущее. Статья вторая. Искусственный интеллект: терра инкогнита или управляемая сила? // Философия и общество. 2023. № 4(109). С. 5–32. DOI: 10.30884/jfio/2023.04.01.

5. Катиева Л.М. Нейронные сети и искусственный интеллект // Молодой учёный. 2021. № 5(347). С. 7–9. EDN: WRRTET.

6. Кощева Н.П. Современные исследования в области социологии искусственного интеллекта: базовые подходы. Часть 5 // Социология искусственного интеллекта. 2022. Т. 3. № 4. С. 9–22. DOI: 10.31804/2712-939X-2022-3-4-9-22. EDN: AAVWZH.

7. Миндигулова А.А. Феномен искусственного интеллекта: история возникновения и развития // Социология. 2023. № 5. С. 239–244. DOI: 10.24412/1812-9226-2023-5-239-244. EDN: WKTTUD.

8. Отбеткина Т.А. История искусственного интеллекта // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. № 8. С. 843–858. EDN: IXLAOH.

9. Утегенов Н.Б. Искусственный интеллект на сегодняшний день // Universum: технические науки. 2022. № 7-1(100). С. 27–30. EDN: RGOXNC.

10. Simon H.A. A behavioral model of rational choice // Quarterly Journal of Economics. 1955. Vol. 69. No. 1. P. 99–118. DOI: 10.2307/1884852.

11. Simon H.A. Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations. 4th ed. New York: The Free Press, 1997. xv, 368 p.

12. Lindblom C.E. The science of “muddling through” // Public Administration Review. 1959. Vol. 19. No. 2. P. 79–88. DOI: 10.2307/973677.

13. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. 499 p.

14. Tversky A., Kahneman D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases // Science. 1974. Vol. 185. No. 4157. P. 1124–1131. DOI: 10.1126/science.185.4157.1124.

15. Barney J.B. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of Management. 1991. Vol. 17. No. 1. P. 99–120. DOI: 10.1177/014920639101700108.

16. Teece D.J., Pisano G., Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management // Strategic Management Journal. 1997. Vol. 18. No. 7. P. 509–533. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z.

17. Davenport T.H., Ronanki R. Artificial intelligence for the real world // Harvard Business Review. 2018. Vol. 96. No. 1. P. 108–116.

18. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York; London: W.W. Norton & Company, 2014. 306 p.

19. Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Boston: Harvard Business Review Press, 2018. 272 p.

20. Rai A., Constantinides P., Sarker S. Next-generation digital platforms: Toward human–AI hybrids // MIS Quarterly. 2019. Vol. 43. No. 1. P. iii–ix.

21. Dellermann D., Ebel P., Söllner M., Leimeister J.M. Hybrid intelligence // Business & Information Systems Engineering. 2019. Vol. 61. No. 5. P. 637–643. DOI: 10.1007/s12599-019-00595-2.

22. Jarrahi M.H. Artificial intelligence and the future of work: Human–AI symbiosis in organizational decision making // Business Horizons. 2018. Vol. 61. No. 4. P. 577–586. DOI: 10.1016/j.bushor.2018.03.007.

23. Doshi-Velez F., Kim B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv:1702.08608. 2017. 13 p.

24. Barredo Arrieta A., Díaz-Rodríguez N., Del Ser J., Bennetot A., Tabik S., Barbado A., García S., Gil-López S., Molina D., Benjamins R., Chatila R., Herrera F. Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI // Information Fusion. 2020. Vol. 58. P. 82–115. DOI: 10.1016/j.inffus.2019.12.012.

25. Gunning D., Aha D.W. DARPA’s explainable artificial intelligence (XAI) program // AI Magazine. 2019. Vol. 40. No. 2. P. 44–58. DOI: 10.1609/aimag.v40i2.2850.

26. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews // BMJ. 2021. Vol. 372. Article n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.

Transformation of managerial decision-making theories in the era of artificial intelligence: a conceptual review and a scenario model of hybrid governance

Skvortsova I.V., Nurulin Yu.R., Somov A.G.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

The article presents a conceptual review of the transformation of managerial decision-making theories under the influence of artificial intelligence (AI) and digital technologies, with an emphasis on the transition from classical rational and behavioral models to hybrid cognitive-digital approaches. The synthesis of literature and the conceptual map of evolution demonstrate the transition of managerial decision-making from the category of anthropocentric to the category of hybrid human-machine circuits. The scientific novelty consists in the formalization of the integral Decision-making Digital Maturity Index (DDMI), the development of a scenario model for the distribution of roles between human and algorithm based on the trade-off between accuracy and explainability, as well as in a demonstrative testing of the model on aggregated metrics from secondary studies. The following benchmarks were obtained: the integral level of digital maturity under the given parameters is approximately 0.537, which corresponds to the medium range; the scenario proportions of algorithm participation are approximately 0.4 for strategic and 0.7 for operational tasks, which corresponds to the indicative ratios of 60:40 and 30:70 “human–algorithm”. The proposed model is considered as a methodical prototype for subsequent empirical validation and audit of the digital maturity of managerial decision-making.

Keywords: managerial decision, artificial intelligence, hybrid intelligence, human-technology co-evolution, artificial neural networks, explainable AI (XAI), evolution of managerial theories, digital maturity index.

References

1. Arshinov V.I., Budanov V.G. Network information revolutions and the Great Anthropological Transition: an evolutionary aspect // Slozhnost. Razum. Postneklassika. 2020. No. 4. pp. 40–51. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-46-56. EDN: EWGBNN. (In Russ.)

2. Vishnyakov Ya.D. Co-evolution of human mind and artificial intelligence // N.N. Moiseev on Russia in the 21st century: global challenges, risks and solutions: collected papers of the XXVIII Moiseev Readings — International Scientific and Practical Conference: in 2 parts. Nizhny Novgorod: Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, 2021. Pt. 1. pp. 143–145. EDN: XCFJLM. (In Russ.)

3. Grinin L.E., Grinin A.L., Grinin I.L. Artificial intelligence: development and concerns. A look into the future. Article one. Information technologies and artificial intelligence: past, present and some forecasts // Filosofiya i obshchestvo. 2023. No. 3(108). pp. 5–35. DOI: 10.30884/jfio/2023.03.01. (In Russ.)

4. Grinin L.E., Grinin A.L., Grinin I.L. Artificial intelligence: development and concerns. A look into the future. Article two. Artificial intelligence: terra incognita or a controlled force? // Filosofiya i obshchestvo. 2023. No. 4(109). pp. 5–32. DOI: 10.30884/jfio/2023.04.01. (In Russ.)

5. Katieva L.M. Neural networks and artificial intelligence // Molodoy uchenyy. 2021. No. 5(347). pp. 7–9. EDN: WRRTET. (In Russ.)

6. Koptseva N.P. Modern research in the field of sociology of artificial intelligence: basic approaches. Part 5 // Sotsiologiya iskusstvennogo intellekta. 2022. Vol. 3. No. 4. pp. 9–22. DOI: 10.31804/2712-939X-2022-3-4-9-22. EDN: AAVWZH. (In Russ.)

7. Mindigulova A.A. The phenomenon of artificial intelligence: history of emergence and development // Sotsiologiya. 2023. No. 5. pp. 239–244. DOI: 10.24412/1812-9226-2023-5-239-244. EDN: WKTTUD. (In Russ.)

8. Otbetkina T.A. The history of artificial intelligence // Voprosy ustoychivogo razvitiya obshchestva. 2022. No. 8. pp. 843–858. EDN: IXLAOH. (In Russ.)

9. Utegenov N.B. Artificial intelligence today // Universum: tekhnicheskie nauki. 2022. No. 7-1(100). pp. 27–30. EDN: RGOXNC. (In Russ.)

10. Simon H.A. A behavioral model of rational choice // Quarterly Journal of Economics. 1955. Vol. 69. No. 1. P. 99–118. DOI: 10.2307/1884852.

11. Simon H.A. Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations. 4th ed. New York: The Free Press, 1997. xv, 368 p.

12. Lindblom C.E. The science of “muddling through” // Public Administration Review. 1959. Vol. 19. No. 2. P. 79–88. DOI: 10.2307/973677.

13. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011. 499 p.

14. Tversky A., Kahneman D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases // Science. 1974. Vol. 185. No. 4157. P. 1124–1131. DOI: 10.1126/science.185.4157.1124.

15. Barney J.B. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of Management. 1991. Vol. 17. No. 1. P. 99–120. DOI: 10.1177/014920639101700108.

16. Teece D.J., Pisano G., Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management // Strategic Management Journal. 1997. Vol. 18. No. 7. P. 509–533. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z.

17. Davenport T.H., Ronanki R. Artificial intelligence for the real world // Harvard Business Review. 2018. Vol. 96. No. 1. P. 108–116.

18. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York; London: W.W. Norton & Company, 2014. 306 p.

19. Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Boston: Harvard Business Review Press, 2018. 272 p.

20. Rai A., Constantinides P., Sarker S. Next-generation digital platforms: Toward human–AI hybrids // MIS Quarterly. 2019. Vol. 43. No. 1. P. iii–ix.

21. Dellermann D., Ebel P., Söllner M., Leimeister J.M. Hybrid intelligence // Business & Information Systems Engineering. 2019. Vol. 61. No. 5. P. 637–643. DOI: 10.1007/s12599-019-00595-2.

22. Jarrahi M.H. Artificial intelligence and the future of work: Human–AI symbiosis in organizational decision making // Business Horizons. 2018. Vol. 61. No. 4. P. 577–586. DOI: 10.1016/j.bushor.2018.03.007.

23. Doshi-Velez F., Kim B. Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv:1702.08608. 2017. 13 p.

24. Barredo Arrieta A., Díaz-Rodríguez N., Del Ser J., Bennetot A., Tabik S., Barbado A., García S., Gil-López S., Molina D., Benjamins R., Chatila R., Herrera F. Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI // Information Fusion. 2020. Vol. 58. P. 82–115. DOI: 10.1016/j.inffus.2019.12.012.

25. Gunning D., Aha D.W. DARPA’s explainable artificial intelligence (XAI) program // AI Magazine. 2019. Vol. 40. No. 2. P. 44–58. DOI: 10.1609/aimag.v40i2.2850.

26. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews // BMJ. 2021. Vol. 372. Article n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.

«Серебряная экономика» - концепция и реальность

Тесленко Ирина Борисовна
доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой «Бизнес-информатика и экономика», Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, iteslenko@inbox.ru

В статье раскрывается содержание концепции «серебряной экономики» как глобального тренда, вызванного старением населения. Рассмотрены теоретические подходы к определению термина, масштабы и динамика мировых рынков товаров и услуг для пожилых. Особое внимание уделено ключевым барьерам развития «серебряной экономики» в России.
Ключевые слова: серебряная экономика, экономика долголетия, государственная поддержка, инновации.

Введение

Понятие «серебряная экономика» (silver economy) по данным, представленным в научной литературе, появилось еще в конце 90-х годов XX века и согласно одной из версий связано с демографическими особенностями Японии и стран Европы, имеющих достаточно высокую долю населения пожилого возраста [12].

Следует сразу отметить, что восприятие возрастных границ меняется с течением времени по мере изменений демографических тенденций и ряда других факторов. В нестоящее время по классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) под «старшим возрастом» понимается период, который начинается с 75 лет и продолжается до 90 лет [2]. При этом возрастные группы распределяются так: молодой возраст - 18–44 года; средний возраст - 45–59 лет; пожилой возраст (ранняя старость) - 60–74 года; старческий возраст (старость) - 75–90 лет, возраст долгожителей (поздняя старость) – 90 лет и старше. В России наступление пожилого возраста установлено в зависимости от пенсионного порога - это рубеж 60–65 лет, поскольку именно тогда гражданин выходит на заслуженный отдых. [14].

Официально термин «серебряная экономика» стал использоваться с 2005 года, когда по итогам конференции в Бонне была подписана «Бонская декларация о серебряной экономике как возможности повышения качества жизни, экономического роста и конкурентоспособности в Европе» [7].

Появление термина и изучение самого явления в последние годы связано с развитием ряда глобальных тенденций. Это, прежде всего,

1) рост продолжительности жизни населения вследствие развития медицинского обслуживания, улучшения условий труда и качества жизни;

2) снижение рождаемости из-за влияния многих факторов таких как нестабильность доходов, рост затрат на содержание детей, трансформация взглядов на семейные ценности, изменение образа жизни и ценностных установок, медицинские и репродуктивные проблемы и др.

Эти тенденции способствовали тому, что доля пожилых людей в общей численности населения мира стала увеличиваться, распределяясь по регионам неравномерно. В 2025 году по прогнозам ООН, каждый пятый житель Европы был старше 65 лет, в Северной Америке доля таких людей составляла 18,6% от всего населения региона [11]. Среди стран с наибольшей долей пожилых людей отмечали Монако (около 37%), Японию (около 30%), Италию, Германию, Францию [16].

Прогнозируется, что за десятилетие (с 2020 по 2030 год) численность людей в возрасте от 65 лет увеличится на 38,5% и составит чуть более 1 млрд человек, или 11,7% от всего населения Земли. К 2100 году эта доля может достичь 22,7% [11].

Признание важности такой глобальной тенденции требует серьезного изучения сущности и особенностей «серебряной экономики». Ее масштабирование меняет структуру спроса, предъявляемые к товарам и услугам требования и экономические приоритеты. По мере старения нынешнего поколения в возрасте до 45 лет, которое живет в странах мирового большинства и отличается высоким уровнем доходов, появляется новый тип пенсионеров - более многочисленный и более обеспеченный [6]. Государствам уже сейчас надо задуматься над тем, что скоро в стратегических программах придется учитывать потребности растущего числа «новых» пожилых людей, а компаниям гибко подстраиваться под меняющиеся контингент покупателей.

Основная часть

Сущность концепции «серебряной экономики» в 2015 году в докладе «Европейской комиссии» раскрыл бельгийский ученый Д. Иток. По его мнению, это и использование имеющегося потенциала людей пожилого возраста и удовлетворение их потребностей путем развития индустрий на соответствующих рынках товаров и услуг. Предложенная концепция нацелена на поддержку активного долголетия и использование потенциала пожилых людей как ресурса для развития.

В последующие годы интерес к концепции рос: проводились исследования «серебряной экономики» компаниями Technopolis Group и Oxford Economics; стартовал отечественный проект АНО «Компании для всех возрастов»; а в 2025 г. была опубликована серия докладов по «серебряной экономике» Китая.

Изучением разных аспектов концепции занимались как зарубежные экономисты (М. Радванский, В. Паленик, А. Фернандес, М. Зсарноцкий, Б. Эванс), так и российские (А.Е. Колобова, И.П. Цапенко, А.О. Норова,

Н.Г. Ларкина, Н.В. Горошко, С.В. Пацала, П.Н. Коломиецс, О.В. Заборовская, Д.А. Заборовский, А.Д. Кранина и др.).

С политэкономической точки зрения стоит согласиться с определением «серебряной экономики», данной О.В. Заборовской в статье «Серебряная» экономика и устойчивое развитие регионов» (2023). Она указывает, что «серебряная экономика» представляет собой систему отношений по поводу производства, распределения, обмена и потребления благ и услуг, удовлетворяющих потребности населения, перешагнувшего порог трудоспособного возраста» [1].

Есть понимание термина «серебряная экономика» в узком и широком плане. Узкий подход к пониманию сущности концепции (И.П. Цапенко) предполагает изучение тех секторов экономики, которые обслуживают потребности пожилых людей, широкий (А.О. Норова) - рассматривает не только эти сектора, но и те индустрии, которые связаны с ними и/или могут появиться вследствие их функционирования [7].

В целом «серебряную экономику» можно отнести к такому виду национальной экономики, как социальная; это не отдельный сектор экономики, она встроена во многие виды деятельности и отрасли национального хозяйства (здравоохранение, медицинские, финансовые услуги, туризм, образование, производство потребительских товаров, культуру, искусство, досуг и др.), в рамках которых активно развивается целая система индустрий, адаптирующихся под потребности людей пожилого возраста.

С учетом роста числа пожилых людей концепция «серебряной экономики» нацеливает органы власти переосмысливать подходы к регулированию многих аспектов жизнедеятельности (городской инфраструктуры, социальной политики, рынка труда) таким образом, чтобы группа населения, включающая пожилых людей, могла быть полезна и востребована обществом [12]. Тем более, что это те люди, которые имеют опыт, навыки и умения в определенных сферах деятельности, активны, желают и могут работать, проявляют интерес к новым знаниям и приобретению дополнительных навыков.

Для России использование компетенций пожилых людей имеет важное значение. В стране насчитывается свыше 41,1 млн пенсионеров. По данным Социального фонда, на 1 января 2025 года в стране было 8,2 млн работающих пенсионеров. Их число выросло за 2024 год на 342 тыс. человек. В то же время число неработающих пенсионеров сократилось за год на 249 тыс., до 32,96 млн человек [10].

С учетом этой тенденции в апреле 2025 года в РФ была утверждена Стратегия действий в интересах граждан старшего поколения в Российской Федерации до 2030 года. Её целью является повышение продолжительности и качества жизни граждан старшего поколения, а среди задач - указано создание условий для реализации их личностного потенциала и расширения участия в жизни общества, развитие социальных услуг, повышение финансовой обеспеченности [9].

По мнению Коломиецса П.Н., поддержка социальной мотивации трудовой деятельности после наступления пенсионного возраста является важной задачей с учетом старения населения страны в интересах как самих лиц старшего возраста, так и всего общества. В результате трансформации общества формируется образ «нового пожилого» (англ. new old) - образованного, экономически и социально активного, производительного и обеспеченного человека. Оставаясь в составе рабочей силы, пожилые граждане продолжают вносить вклад в социальное и экономическое развитие общества, причем в достаточно длительном периоде. В будущем это могло бы частично компенсировать замедление роста экономики, обусловленное масштабным и/или относительным уменьшением рабочей силы в возрасте 15-64 лет. Помимо этого, у людей старшего поколения гораздо выше социальные слагаемые квалификации, более развитый социальный капитал - они лучше владеют навыками межличностного общения. Благодаря наличию таких «удобных» навыков работники пожилого возраста зачастую оказываются такими же производительными, как и молодые [7]. Все это позволяет рассматривать пожилых людей как новый дополнительный экономический ресурс.

Кроме этого «серебряная экономика» открывает новые возможности, связанные с активизацией инновационной деятельности, развитием рынков, индустрий, работающих на пожилых людей. И это подтверждается следующими данными: в показателях мирового валового продукта на людей пенсионного и предпенсионного возраста сейчас приходится 34% (45 трлн. долл.). А к 2050 году их доля вырастет до 39% ВВП, т.е. 118 трлн. долл. [6]

Концепция «серебряной экономики» стала развиваться за рубежом раньше, чем в России. В ее реализации принимают активное участвуют как представители государственной власти, так и частного сектора. В некоторых странах применяются модели государственно-частного партнёрства, что позволяет объединять ресурсы и компетенции разных участников рынка.

Для финансирования проектов в сфере серебряной экономики за рубежом широко используются венчурные, биржевые фонды и гранты; сформировалось особое направление маркетинга - геронтомаркетинг.

Среди приоритетных секторов «серебряной экономики» выделяется здравоохранение и фармацевтика (три четверти глобальных расходов на здравоохранение связано с обслуживанием пожилого поколения), образование и переподготовка (Германия), услуги по уходу за пожилыми, проведению оздоровительных программ, организации «серебряных» путешествий.

Быстрое развитие этих секторов объясняется тем, что структура расходов пожилых люди отличается от структуры молодых: первые тратят больше среднестатистического домохозяйства в этих секторах, а расходы на продукты, топливо, транспорт у этой группы ниже, чем у молодых [6]. О динамике их развития свидетельствуют следующие факты.

В 2025 году сектор здоровья и благополучия (превентивная медицина, слуховые аппараты, клиники долголетия) оценивался в 1,3 трлн. долл. К 2035-му году прогнозируется четырехкратный рост спроса на разные медицинские устройства [6].

Нехватка персонала для обслуживания пожилых людей инициировала развитие рынка ИИ-решений. Это в свою очередь породило тенденцию к интеграции технологий в комплексные сервисы, такие как «жилье + уход + мониторинг». Примером такой интеграции может служить дом престарелых в одном из китайских городов, где роботы осуществляют круглосуточный мониторинг палат, регулярное переворачивание лежачих пациентов для профилактики пролежней и др. [6]. В это время медицинский персонал может выполнять более сложные манипуляции по уходу за пациентами.

Глобальный рынок жилья для пожилых (сегмент «Жилье и мобильность») в 2025 г. несколько уступал по капитализации сектору здоровья и благополучия и оценивался в 1,1 трлн. долл. В качестве примера можно назвать создание «серебряных» зон в жилых районах городов. Так в Сингапуре в таких районах снижен скоростной режим и изменена дорожная инженерия, во Франции введена специальная государственная субсидия MaPrimeAdapt' для финансирования таких работ [6].

Сектор «серебряного туризма» в 2024–2025 годах оценивался в 1,72-1,84 трлн. долл. Более 55% этого объема пришлось на АТР (лидером региона стал Китай), в то время как совокупные расходы пожилых туристов в странах ЕС оценивались в диапазоне всего 286–298 млрд. долл. [6]. Среди «серебряных» туров востребованными были оздоровительные ретриты.

Несмотря на впечатляющие успехи в развитии секторов «серебряной экономики» в практической реализации концепции есть определенные проблемы, ограничивающие возможности ее роста.

Среди них можно назвать:

- повышение требований пожилых людей к качеству товаров и услуг;

- необходимость адаптации продуктов и услуг к физическим возможностям и когнитивным способностям пожилых людей [5];

- отсутствие опыта и навыков в управлении ресурсами и инвестициями в условиях старения населения,

- недостаток и несвоевременность информации о масштабах демографических изменений, что тормозит продвижение инноваций в соответствующих индустриях [4];

- несогласованность в регулировании всех аспектов взаимодействия с пожилыми людьми - пенсионные реформы, обучение, адаптация к рабочему месту, система непрерывного образовании и т.п.;

– сложности привлечения финансовых ресурсов на рынки технологий, ориентированных на пожилых людей, проблемы вывода и продвижения на них новых продуктов,

- несовершенство законодательства [3];

- неосведомленность пожилых люди о возможностях обучения, переподготовки, адаптации к новым условиям, что ограничивает их участие в рынке [4].

Наряду с указанными проблемами в каждой стране могут быть свои особенные барьеры на пути развития «серебряной экономики».

В частности реализация «серебряной экономики» в России в 2025 году столкнулась с рядом проблем,

Одна из них связана с трудоустройством людей старше 50 лет (эйджизм). Работодатели часто считают, что кандидаты этого возраста менее гибкие, медленнее адаптируются к изменениям и хуже осваивают новые технологии. По данным HeadHunter, 32% людей в возрасте 45–60 лет сталкиваются с прямыми указаниями на возраст или здоровье как причину отказа в принятие на работу [8].

Развитием технологий для пожилых людей в России сдерживают несколько факторов:

- *недостаток финансирования: средний размер грантов в социальной сфере обычно не превышает 500000 рублей, что недостаточно для запуска конкурентного продукта [17],*

- многие пожилые люди скептически относятся к новым технологиям, что замедляет их освоение,

- законодательная база в сфере здравоохранения и соцобеспечения часто отстаёт от темпов технологического прогресса (например, рассмотрение закона о лицензировании частных пансионатов для пожилых запланировано только на 2026 год),

- не хватает профессионалов, имеющих необходимые знания и умения для работы с пожилыми людьми,

- покупательская способность «серебряных» потребителей (размер пенсий) не всегда достаточна для стимулирования массового спроса на товары и услуги, выходящие за рамки базовых потребностей [15],

- в России, хотя и реализуются отдельные программы, направленные на поддержку старшего поколения (например, «Серебряный старт» для предпринимателей, «Активное долголетие»), их масштаб пока недостаточен для системного эффекта [13].

Подводя итог анализу особенностей реализации концепции «серебряной экономики», следует согласиться с тем, что в целом старение населения в мировом масштабе уже само по себе является настоящим вызовом для сложившихся в странах социальных систем.

Например, в Японии, к 2050 году на 100 работающих будет приходиться 90 пенсионеров. В некоторых странах старение населения происходит очень стремительно: если Франции понадобилось 115 лет, чтобы доля пожилого населения удвоилась, то Бразилии - только 20. Следствием становится серьезная нагрузка на пенсионные системы. По прогнозам из-за быстрого старения населения Национальный фонд социального обеспечения Китая может быть исчерпан уже к 2035 году [6].

Все это вынуждает государства активно искать варианты, чтобы пожилое население чувствовало свою финансовую защищенность и независимость. В частности, в Китае началось создание трехуровневой архитектуры защиты старости: наряду с государственными пенсиями и корпоративными накопительными программами идет активное развитие личных пенсионных накоплений граждан. Банковский сектор предлагает пенсионные сберегательные депозиты со сверхдлинными сроками (5-20 лет) и повышенными процентными ставками; страховой рынок - особое коммерческое пенсионное страхование [6]; фондовый рынок предлагает пенсионные целевые фонды с автоматической ребалансировкой портфеля по мере приближения даты выхода на пенсию [6].

Вывод

Подводя общий итог, следует отметить, что «серебряная экономика» - это не миф, не просто теоретическая концепция, а новый глобальный тренд, который все четче себя проявляет в виде становления новых индустрий в разных секторах экономики, в формировании и развитии новых рынков товаров и услуг.

«Серебряная экономика» диктует необходимость структурной трансформации, комплексного подхода к решению возникающих проблем и преодолению имеющихся барьеров, включая разработку системы институциональных, экономических, финансовых, организационных, образовательных, информационных мер.

«Серебряная экономика» предполагает совершенствование законодательства, изменение кадровой политики бизнеса, увеличение государственной и частной поддержки, повышение цифровой грамотности старшего поколения, развитие инфраструктуры, преодоление имеющихся стереотипов, внедрение инноваций, т.е. внесение изменений в разные направления государственной политики.

Неизбежное старение населения должно рассматривается уже не как социальная нагрузка, а как экономический драйвер, особенно для бизнеса с точки зрения появления новой большой группы потребителей.

Успех трансформации с учетом этого глобального тренда будет зависеть от способности государства и бизнеса быстро адаптироваться к демографическим изменениям и использовать возникающие возможности.

Литература

1. А.Д. Кранина, Д.А. Заборовский. Анализ мировых практик развития «серебряной» экономики и возможности их адаптации для российских регионов. https://giefjournal.ru/sites/default/files/044.%20A.D.%20Kranina,%20D.A.%20Zaborovsky.pdf?ysclid=mo5mm87un4655947347

2. Васильева Ю.В., Шуралева С..В. Возраст как фактор уязвимости работника в трудовом праве. https:// cyberleninka.ru/article/n/vozrast-kak-faktor-uyazvimosti-rabotnika-v-trudovom-prave?ysclid=modyg1yzfn962766198

3. Васюта, Е. А. Age-tech – перспективное направление развития серебряной экономики в условиях глобального старения населения / Е. А. Васюта, Т. В. Подольская, Д. С. Ушаков // Экономика труда. – 2022. – Т. 9, № 10. – С. 1591-1604. https://1economic.ru/lib/116434

4. Говорова Н.В. Серебряная экономика ЕС. https://cyberleninka.ru/article/n/serebryanaya-ekonomika-es

5. Горошко Н.В. Пацала С.В. «Серебряная экономика» как новый тренд мирового развития в условиях глобального старения населения. https://elibrary.ru; (Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. социально-экономические науки, 2021. №2)

6. Капитализация долголетия. https://expert.ru/ekonomika/kapitalizatsiya-dolgoletiya/

7. Коломиец П.Н. "Серебряная экономика" новый подход к проблеме старения. https://cyberleninka.ru/article/n/serebryanaya-ekonomika-novyy-podhod-k-probleme-stareniya

8. Приговор для карьеры: что теряет российский бизнес из-за возрастной дискриминации. https://www.forbes.ru/mneniya/547604-prigovor-dla-kar-ery-cto-teraet-rossijskij-biznes-iz-za-vozrastnoj-diskriminacii

9. Распоряжение Правительства РФ от 07.04.2025 N 830-р Об утверждении Стратегии действий в интересах граждан старшего поколения в Российской Федерации до 2030 года. https://kgbu-kcson.ru/upload/files/rasporyazhenie-pravitelstva-rf-ot-07.04.2025-n-830-r-ob-utve.pdf

10. Росстат: доля работающих пенсионеров снизилась до минимальных 17%. https://expert.ru/news/rosstat-dolya-rabotayushchikh-pensionerov-snizilas-do-minimalnykh-17//

11. Самые "старые" и "молодые" страны мира: где живут пенсионеры. https://inbusiness.kz/ru/last/samye-starye-i-molodye-strany-mira-gde-zhivut-pensionery

12. Серебряная экономика: возраст как ресурс развития. https://sreda-academy.ru/publications/serebryanaya-ekonomika-vozrast-kak-resurs-razvitiya/

13. Серебряная экономика: ресурс устойчивого роста регионов. https://troygaz.ru/publication/kadry/serebryanaya-ekonomika-resurs-ustoychivogo-rosta-regionov/

14. Со скольки лет человек считается пожилого возраста в России. https://companies.rbc.ru/news/lxwbYYkjIl/so-skolki-let-chelovek-schitaetsya-pozhilogo-vozrasta-v-rossii/

15. Что такое «серебряная экономика» и почему ее трудно переоценить https://www.rbc.ru/industries/news/651fc16d9a79476386445623

16. Электронный ресурс https:// vk.com/wall-37948240_1400782

17. Old but gold: как и почему растет рынок технологий для пожилых людей. https://www.forbes.ru/svoi-biznes/528719-old-but-gold-kak-i-pocemu-rastet-rynok-tehnologij-dla-pozilyh-ludej

Silver economy» - concept and reality

Teslenko I.B.

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletovs

JEL classification: B41, E22, E44, N01, N10, O33, O38

This article explores the concept of the "silver economy" as a global trend driven by population aging. It examines theoretical approaches to defining the term, as well as the scale and dynamics of global markets for goods and services for the elderly. Particular attention is paid to the key barriers to the development of the "silver economy" in Russia.

Keywords: silver economy, longevity economy, government support, innovations.

References

1. A.D. Kranina, D.A. Zaborovsky. Analysis of global practices for developing a "silver" economy and the possibility of adapting them to Russian regions. https://giefjournal.ru/sites/default/files/044.%20A.D.%20Kranina,%20D.A.%20Zaborovsky.pdf?ysclid=mo5mm87un4655947347

Vasilyeva Yu.V., Shuraleva S.V. Age as a factor in employee vulnerability in labor law. https://cyberleninka.ru/article/n/vozrast-kak-faktor-uyazvimosti-rabotnika-v-trudovom-prave?ysclid=modyg1yzfn962766198

2. Vasyuta, E. A. Age-tech – a promising direction for the development of the silver economy in the context of global population aging / E. A. Vasyuta, T. V. Podolskaya, D. S. Ushakov // Labor Economics. - 2022. - Vol. 9, No. 10. - Pp. 1591-1604. https://1economic.ru/lib/116434

3. Govorova N.V. Silver economy of the EU. https://cyberleninka.ru/article/n/serebryanaya-ekonomika-es

4. Goroshko N.V. Patsala S.V. The "Silver Economy" as a New Trend in Global Development in the Context of Global Population Aging. https://elibrary.ru; (Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Social and Economic Sciences, 2021. No. 2)

5. Capitalizing on Longevity. https://expert.ru/ekonomika/kapitalizatsiya-dolgoletiya/

6. Kolomiets, P.N. "The Silver Economy": A New Approach to the Problem of Aging. https://cyberleninka.ru/article/n/serebryanaya-ekonomika-novyy-podhod-k-probleme-stareniya

7. A Career Sentence: What Russian Business Loses Due to Age Discrimination. https://www.forbes.ru/mneniya/547604-prigovor-dla-kar-ery-cto-teraet-rossijskij-biznes-iz-za-vozrastnoj-diskriminacii

Новые центры силы в глобальной энергетике: технологическое превосходство как фактор лидерства в эпоху энергоперехода

Арасланов Рустам Фаридович
Аспирант, Сургутский государственный университет

В статье рассматривается смена парадигмы глобального энергетического лидерства: переход от ресурсной зависимости (запасы нефти и газа) к технологическому превосходству в сфере возобновляемой энергетики, систем накопления энергии и «умных» сетей. Анализируются новые центры силы (Китай, США, ЕС), оцениваются риски для стран-экспортёров ископаемого топлива. На основе данных за 2024–2026 гг. показано, что контроль над критически важными минералами и производственными мощностями становится определяющим фактором конкурентоспособности. Предлагаются стратегические рекомендации для России в условиях технологической трансформации.
Ключевые слова: энергетический переход, технологическое лидерство, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), системы накопления энергии (BESS), «умные» сети (Smart Grid), критически важные минералы, новая энергетическая парадигма, декарбонизация.

Введение

Долгое время глобальное лидерство определялось обладанием крупными запасами углеводородов. Однако с 2020-х годов парадигма меняется: ускоренный переход к низкоуглеродной энергетике смещает акцент с «ресурсной силы» на «технологическую силу» [1]. Сегодня лидерство определяется способностью разрабатывать оборудование для ВИЭ, производить системы накопления энергии и управлять «умными» сетями. Цель статьи – проанализировать новые центры силы и выработать рекомендации.

1. Эволюция парадигмы: от ресурсов к технологиям

Индустриальная эпоха основывалась на доступе к концентрированным запасам ископаемого топлива. Нефть, газ и уголь были не только источниками энергии, но и инструментами геополитического влияния. Однако по мере исчерпания лёгких запасов, роста волатильности цен и ужесточения экологического регулирования преимущества ресурсной модели снижаются. Во-первых, стоимость добычи в новых регионах (арктический шельф, глубоководные месторождения) становится сопоставимой с капитальными затратами на «зелёную» генерацию. Во-вторых, возобновляемые источники энергии демонстрируют экспоненциальное снижение уровня нормированной стоимости электроэнергии (LCOE): за 2010–2025 гг. стоимость солнечной фотоэлектрической энергии упала на 85%, ветровой – на 55% [1]. В-третьих, развитие систем накопления энергии (BESS) решает проблему интермиттенции (нестабильности) ВИЭ, делая их полноценной заменой традиционной генерации [3].

Таким образом, ключевым фактором становится технологическая эффективность, а не природная рента. Контроль над производством оборудования, патентами и стандартами позволяет формировать новые цепочки добавленной стоимости. Таблица 1 иллюстрирует переход ключевых конкурентных преимуществ.

Таблица 1
Сравнение старой и новой энергетической парадигмы

Критерий	Старая парадигма (углеводородная)	Новая парадигма (технологическая)
Основной актив	Запасы нефти и газа	Технологии, патенты, производственные линии
Ключевые игроки	Государства – экспортёры (Россия, Саудовская Аравия)	Корпорации и страны – инноваторы (Китай, США, ЕС)
Источник влияния	Контроль над добычей и ценами	Контроль над цепочками поставок оборудования
Барьеры входа	Геологические риски, инвестиции в скважины	R&D, квалифицированные кадры, масштабирование
Ценообразование	Картельные соглашения, биржевые спекуляции	Рыночная конкуренция, эффект масштаба

2. Технологические цепочки как новые центры силы

Новая парадигма порождает три ключевых технологических направления, каждое из которых формирует собственные центры притяжения.

2.1. Производство оборудования для ВИЭ

Китай контролирует более 80% мирового рынка фотоэлектрических панелей и около 50% ветрогенераторов. США и ЕС пытаются наверстать отставание (IRA, Net-Zero Industry Act), но китайские панели на 30–40% дешевле.

2.2. Производство аккумуляторов (BESS)

Рынок литий-ионных батарей для электромобилей и стационарного хранения энергии также консолидируется вокруг Китая. CATL и BYD контролируют 65% мирового выпуска литий-ионных батарей. Ключевое преимущество – доступ к переработке критически важных минералов: лития, кобальта, никеля, графита. Китай инвестирует в добычу критических минералов в Африке и Латинской Америке [5]. США и Европа зависят от импорта.

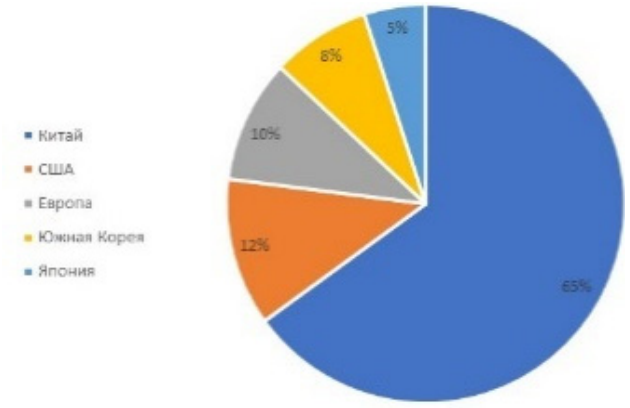


Рисунок 1 – Доля стран в мировом производстве аккумуляторов (2025 г.): Китай – 65%, США – 12%, Европа – 10%, Южная Корея – 8%, Япония – 5%.

2.3. Управление «умными» сетями (Smart Grid)

Цифровизация энергосистем становится критическим фактором интеграции распределённой генерации (солнечные панели на крышах, малые ветряки) и активного управления спросом. Здесь лидируют компании США и Европы (Siemens, Schneider Electric), контролируя ПО и протоколы. Китай развивает собственные решения, но на глобальных рынках его доля мала. Российские исследования подчёркивают важность внедрения «умных» сетей для повышения эффективности и надёжности энергоснабжения [4].

Формируется многополярная картина: Китай доминирует в производстве, США и ЕС – в системном управлении. Страны – экспортёры нефти и газа (Россия, Саудовская Аравия, ОАЭ) оказываются в роли догоняющих, вынужденных импортировать технологии [2].

3. Роль критически важных минералов

Новая парадигма не отменяет полностью ресурсный фактор – он смещается с углеводородов на минералы для «зелёных» технологий. Литий, кобальт, никель, редкоземельные элементы, медь, графит становятся стратегическими. Контроль над их добычей и переработкой формирует новые центры силы. Например, Чили и Австралия – лидеры по добыче лития, Демократическая Республика Конго – по кобальту, Китай – по переработке редкоземельных металлов (более 70% мирового объёма). Российская ресурсная база критических минералов, в частности разведанные месторождения лития, рассматривается как важный потенциал для развития отечественной аккумуляторной промышленности [6][5]. Эти страны усиливают свои позиции, вводя экспортные пошлины или национализируя месторождения (ресурсный национализм). Одновременно развитые экономики создают государственные резервы критических минералов и стимулируют вторичную переработку (urban mining) для снижения зависимости.

4. Риски для стран – экспортёров углеводородов

Для России, Саудовской Аравии и других нефтегазовых экономик технологический сдвиг создаёт экзистенциальные риски: сокращение спроса на нефть (пик до 2030 г.), необходимость импорта технологий, потеря геополитического влияния [2]. Возможности: производство «зелёного» водорода, локализация сборки ВИЭ, развитие BESS.

Таблица 2

SWOT-анализ стран – экспортёров углеводородов

Сильные стороны	Слабые стороны
Развитая энергетическая инфраструктура	Технологическое отставание в ВИЭ и аккумуляторах
Финансовые резервы (суверенные фонды)	Зависимость бюджета от экспорта нефти и газа
Опыт управления крупными проектами	Недостаток квалифицированных кадров в новых отраслях
Возможности	Угрозы
Производство «зелёного» водорода	Снижение мирового спроса на углеводороды
Локализация сборки ВИЭ-оборудования	Санкционные и климатические ограничения на экспорт
Интеграция в новые цепочки поставок минералов	Конкуренция со стороны Китая и ЕС

5. Стратегические рекомендации для России

Россия зависит от экспорта нефти и газа (≈40% бюджета). Для сохранения суверенитета необходимо:

1. Развивать производство оборудования для ВИЭ через локализацию и технологический трансфер[8].
2. Создать кластер по производству систем накопления энергии (BESS) на базе российского лития (Кольское месторождение) [3][6].
3. Цифровизовать ЕЭС России («умные» счётчики, автоматизированные системы управление спросом) [4].
4. Развивать водородную энергетику для экспорта в страны АТР [7].
5. Диверсифицировать экспорт критических минералов с глубокой переработкой [5][6].

Заключение

Энергетический переход кардинально меняет глобальную конфигурацию силы. Запасы нефти и газа утрачивают статус главного актива, уступая место технологическому превосходству в производстве оборудования для ВИЭ, аккумуляторов и «умных» сетей [1][2]. Новые центры силы – Китай (производство панелей и батарей), США и Европейский союз (цифровые платформы, системная интеграция) – уже сегодня определяют стандарты и правила игры. Страны – экспортёры углеводородов, включая Россию, сталкиваются с вызовом структурной трансформации. Успех будет зависеть от способности инвестировать в инновации, создавать замкнутые технологические цепочки и адаптировать институты. В противном случае они рискуют оказаться на периферии новой энергетической экономики.

Литература

1. Конопляник А.А. Тренды мировой энергетики: вызовы и перспективы для России и Газпрома // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2025. – № 6. – С. 11-23.
2. Дивина Т.В. Четвертый энергетический переход как стратегический вызов для промышленности России // Журнал прикладных исследований. – 2025. – № 11. – С. 62-70.
3. Попов А.В., Кудрявцева О.В. Эколого-экономические эффекты систем накопления энергии для удаленных территорий России // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. – 2025. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 227-243. DOI: 10.38050/2078-3809-2025-17-3-227-243.
4. Ванюшкин Н.В., Иванова О.Е. Умные сети: управление спросом на стороне клиента // Материалы IX Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Анализ состояния и перспективы развития экономики России (АСПРЭК-2025)». – Иваново: ИГЭУ, 2025. – С. 210-216.
5. Бессель В.В., Лопатин А.С., Мартынов В.Г., Мингалеева Р.Д. Состояние ресурсной базы критически важных металлов и элементов для развития современных технологий // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2025. – № 2 (319).
6. Россия обладает 17 месторождениями лития мирового класса (выступление Министра природных ресурсов и экологии России А. Козлова на ПМЭФ-2025) // Росгеология. – 2025. – URL: https://www.rosgeo.com/press/news/ (дата обращения: 16.04.2026).
7. Ветрова М.А. Перспективы развития водородной энергетики для декарбонизации российских углеродоемких секторов экономики // Проблемы современной экономики. – 2025. – № 2 (94). – С. 228-232.
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р «Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2050 года». – URL: http://government.ru/news/54754/ (дата обращения: 16.04.2026).

New power centers in global energy: technological superiority as a driver of leadership in the energy transition era

Araslanov R.F.
Surgut State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article examines the paradigm shift in global energy leadership: the transition from resource dependence (oil and gas reserves) to technological superiority in renewable energy, energy storage systems, and smart grids. It analyzes new power centers (China, the United States, the European Union) and assesses the risks for fossil fuel-exporting countries. Based on data for 2024–2026, control over critical minerals and production capacities becomes the determining factor of competitiveness. Strategic recommendations for Russia in the context of technological transformation are proposed.

Keywords: energy transition, technological leadership, renewable energy sources (RES), battery energy storage systems (BESS), smart grids, critical minerals, new energy paradigm, decarbonization.

References

1. Konoplyanik A.A. Global energy trends: challenges and prospects for Russia and Gazprom // Problems of economics and management of the oil and gas complex. - 2025. - No. 6. - pp. 11-23.

2. Divina T.V. The fourth energy transition as a strategic challenge for Russian industry // Journal of applied research. - 2025. - No. 11. - pp. 62-70.
3. Popov A.V., Kudryavtseva O.V. Ecological and economic effects of energy storage systems for remote areas of Russia // Scientific research of the Faculty of Economics. Electronic journal. - 2025. - Vol. 17. - Issue. 3. - pp. 227-243. DOI: 10.38050/2078-3809-2025-17-3-227-243.
4. Vanyushkin N.V., Ivanova O.E. Smart grids: demand management on the client side // Proceedings of the IX All-Russian youth scientific and practical conference "Analysis of the state and development prospects of the Russian economy (ASPREK-2025)". - Ivanovo: IGEU, 2025. - Pp. 210-216.
5. Bessel V.V., Lopatin A.S., Martynov V.G., Mingaleeva R.D. The state of the resource base of critical metals and elements for the development of modern technologies // Transactions of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas. - 2025. - No. 2 (319).
6. Russia has 17 world-class lithium deposits (speech by the Minister of Natural Resources and Environment of Russia A. Kozlov at the SPIEF-2025) // Rosgeologia. – 2025. – URL: https://www.rosgeo.com/press/news/ (date of access: 16.04.2026).
7. Vetrova M.A. Prospects for the Development of Hydrogen Energy for the Decarbonization of Russian Carbon-Intensive Sectors of the Economy // Problems of Modern Economy. – 2025. – No. 2 (94). – P. 228-232.
8. Order of the Government of the Russian Federation of April 12, 2025 No. 908-r "Energy Strategy of the Russian Federation until 2050". – URL: http://government.ru/news/54754/ (date of access: 16.04.2026).

Мировая структура экспорта нефти и газа

Бочарников Игорь Андреевич
магистрант, МГУ имени М.В. Ломоносова, igorello68@gmail.com

В работе анализируется структура и динамика мирового экспорта и импорта товаров группы 27 ТН ВЭД, включающей нефть, нефтепродукты и природный газ. Выявлены основные тенденции развития международной торговли энергоресурсами в 2020–2024 гг., включая резкий рост стоимостных показателей в 2021–2022 гг. и последующее снижение. Показано, что динамика мирового рынка во многом обусловлена изменением ценовой конъюнктуры, геополитическими факторами и последствиями энергетического кризиса. Особое внимание уделено анализу структуры и динамики российского экспорта и импорта энергоресурсов.

Ключевые слова: экспорт, импорт, энергоресурсы, нефть, нефтепродукты, природный газ, товары группы 27 ТН ВЭД, динамика, структура.

Введение

Нефть и природный газ занимают важное место в мировой торговле и остаются одними из наиболее востребованных товаров на международном рынке. По данным ООН, в структуре глобального товарооборота ведущие позиции стабильно занимают сырая нефть, нефтепродукты и природный газ, включая сжиженный природный газ (СПГ) [1]. Эти ресурсы обеспечивают значительную часть экспортных доходов многих стран и играют ключевую роль в функционировании мировой экономики и поддержании энергетической стабильности.

Основные результаты

Результат анализа статистических данных показывает, что стоимость мирового экспорта тавровая группы 27 ТН ВЭД «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки; битуминозные вещества; воски минеральные» в 2024 году составила 2 699,7 млрд долл. США. Динамика стоимости экспорта товаров группы 27 ТН ВЭД представлена в табл.1.

Таблица 1
Динамика стоимости мирового экспорта товаров 27 ТН ВЭД, тыс. долларов [2]

Экспортер	Стоимость экспорта				
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Мир	1 592 826 548	2 551 176 633	4 124 393 329	3 342 735 162	2 699 696 595
Соединенные Штаты Америки	151 164 069	240 348 491	378 564 312	323 170 542	320 138 685
Российская Федерация	141 918 220	212 417 990	386 362 442	261 569 086	236 993 832
Саудовская Аравия	119 433 028	202 216 878	327 009 744	247 388 644	223 395 632
Канада	68 852 778	119 941 919	180 617 950	143 111 270	144 995 242
Объединенные Арабские Эмираты	173 347 554	217 322 865	269 541 476	282 076 795	130 071 002
Австралия	66 048 704	91 747 835	159 592 869	125 709 110	113 486 479
Ирак	56 277 408	83 537 755	131 394 449	111 975 795	113 271 826
Норвегия	40 471 377	107 336 346	214 237 129	121 257 208	111 110 125
Нидерланды	50 741 442	169 583 178	130 174 994	104 942 339	104 942 339

По данным табл. 1 видно, что в 2020–2024 гг. динамика стоимости мирового экспорта товаров группы 27 ТН ВЭД носила неустойчивый характер и существенно менялась под влиянием внешних факторов. Отметим, что в 2020 году мировая экономика столкнулась с пандемией COVID-19, в результате чего во многих странах были введены ограничения на передвижение, снижена деловая активность и частично приостановлены производственные процессы. Это привело к сокращению спроса на энергоресурсы, что отразилось на снижении мирового экспорта до 1592,8 млрд долл. США.

Уже в 2021 году ситуация начала постепенно меняться: по мере снятия ограничений и восстановления экономической активности возобновились производственные и торговые процессы, что способствовало росту мирового экспорта до 2551,2 млрд долл. США. Данная тенденция получила дальнейшее развитие в 2022 году, когда были достигнуты максимальные значения за рассматриваемый период — 4124,4 млрд долл. США. Во многом это связано не только с восстановлением спроса, но и с резким ростом мировых цен на нефть и газ, вызванным геополитической напряжённостью и энергетическим кризисом.

В последующие годы наблюдается обратная тенденция. В 2023–2024 гг. стоимость мирового экспорта снижается до 3342,7 и 2699,7 млрд долл. США соответственно. Данное снижение во многом обусловлено стабилизацией цен на энергоресурсы и адаптацией мировых рынков к новым условиям.

Рассматривая структуру мирового экспорта, можно отметить, что лидирующие позиции стабильно занимают крупнейшие производители энергоресурсов, такие как Соединённые Штаты Америки (320,1 млрд долл. США в 2024 году), Российская Федерация (237,0 млрд долл. США) и Саудовская Аравия (223,4 млрд долл. США). При этом динамика их экспортных показателей во многом повторяет общую мировую тенденцию: после роста в 2021–2022 гг. наблюдается снижение в последующие годы.

Так, экспорт Соединённых Штатов Америки сократился с 378,6 млрд долл. США в 2022 году до 320,1 млрд долл. США в 2024 году, а экспорт Российской Федерации — с 386,4 до 237,0 млрд долл. США. Аналогичная тенденция наблюдается и у Саудовской Аравии. Это подтверждает, что изменения на мировом рынке энергоресурсов носят комплексный характер и затрагивают всех ключевых участников вне зависимости от их роли и масштабов присутствия на рынке.

Данные табл.2 показывают, что стоимость мирового импорта товаров группы 27 ТН ВЭД в 2024 году составляла 3115,8 млрд долларов. Отметим, что за период 2020-2024 годов мировой импорт товаров группы 27 ТН ВЭД был весьма волатильным и характеризовался значительными колебаниями, обусловленными как изменением мировой ценовой конъюнктуры на энергоресурсы, так и воздействием внешнеэкономических и геополитических факторов.

Таблица 2

Динамика стоимости мирового импорта товаров 27 ТН ВЭД, тыс. долларов [3].

Импортер	Стоимость импорта				
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Мир	1 638 042 251	2 665 087 569	4 205 857 767	3 366 453 782	3 115 814 209
Китай	261 169 673	393 939 134	535 339 703	514 418 741	503 407 705
Соединенные Штаты Америки	130 630 108	225 121 448	322 698 860	266 592 032	251 121 694
Индия	104 358 497	170 398 554	277 238 257	220 633 169	220 493 014
Япония	105 563 726	155 154 898	256 499 455	195 164 367	168 776 061
Республика Корея	86 553 146	137 563 347	218 678 955	171 354 534	162 155 010
Германия	76 448 547	127 529 349	133 843 899	102 741 721	115 439 277
Нидерланды	54 920 561	99 569 783	178 727 672	143 264 925	111 386 788
Франция	39 054 459	73 937 467	157 631 363	107 294 502	87 711 626
Сингапур	49 116 492	75 451 683	105 257 356	87 348 722	87 347 342
Соединенное Королевство	33 669 288	70 319 341	137 224 495	92 425 936	81 724 524

Изменения, происходившие в мировой экономике в 2021–2022 гг., сказались на динамике импортных поставок товаров группы 27 ТН ВЭД. Основными мировыми импортёрами энергоресурсов являются Китай, Соединённые Штаты Америки, Индия, Япония и Республика Корея. На долю указанных стран приходится около 42% мирового импорта энергоресурсов.

Анализ динамики импортных поставок в Китае показывает, что максимальное значение было достигнуто в 2022 году и составляло 535,3 млрд долл. США, а минимальное — в 2020 году (261,2 млрд долл. США). В последующие годы объем импорта несколько снизился и в 2024 году составил 503,4 млрд долл. США. Таким образом, наблюдаемая динамика отражает не столько устойчивый рост импорта, сколько изменение направлений поставок и перераспределение торговых потоков. Увеличение стоимостных объемов в рассматриваемый период во многом связано с переориентацией мирового рынка энергоресурсов и усилением роли азиатских стран в системе международной торговли.

Анализ данных табл.2 показывает, что одним из основных мировых импортеров является Индия. В 2020 году Индия импортировала энергоресурсов на 104,3 млрд.долларов, в последующие годы импорт энергоресурсов как увеличивался, так и уменьшался. Максимальное значение импорта было достигнуто в 2022 году – 277,2 млрд.долларов, а минимальное в 2020 году 104,3 млрд. долларов США.

Можно ожидать, что в ближайшее время статистика поставок энергоресурсов будет существенно изменяться: обострение ситуации на Ближнем Востоке и усиление санкционного давления на отдельные нефтедобывающие страны оказывают заметное влияние на мировой рынок. В частности, введение ограничений в отношении экспорта нефти из Ирана, а также нестабильность в регионе Персидского залива формируют дополнительные риски для устойчивости поставок. Как отмечается в докладе Международного энергетического агентства, «геополитическая напряжённость, особенно на Ближнем Востоке, продолжает оказывать прямое влияние на уровень цен и безопасность поставок энергоресурсов» [5].

Данные процессы отражаются на торговых отношениях между странами и оказывают влияние на мировую экономику в целом. Усиление ограничений, с одной стороны, может привести к сокращению предложения на рынке и росту цен на нефть, что увеличивает издержки стран-импортёров и усиливает инфляционное давление. С другой стороны, это стимулирует страны к диверсификации поставок, поиску альтернативных источников сырья и перестройке логистических цепочек.

Кроме того, важно учитывать, что такие события могут вызывать цепную реакцию на мировом рынке, выражающуюся в перераспределении потоков энергоресурсов и изменении ценовой ситуации. В условиях сокращения предложения со стороны отдельных стран и нестабильности поставок усиливается давление на цены. В условиях этих изменений положение стран-экспортёров, включая Российскую Федерацию, может даже укрепляться. Рост цен на нефть и газ позволяет компенсировать часть внешних ограничений за счёт увеличения экспортной выручки. При этом переориентация поставок на альтернативные рынки, прежде всего в страны Азии, поддерживает спрос на российские энергоресурсы.

В настоящее время можно отметить позитивную динамику экспорта энергоресурсов на всем рассматриваемом горизонте.

Данные табл. 3 свидетельствуют о значительной изменчивости экспорта товаров группы 27 ТН ВЭД в 2020–2025 гг.: после роста в 2021–2022 гг. и достижения пика в 2022 году наблюдается последующее снижение стоимостных объемов.

Таблица 3

Структура российского экспорта товаров группы 27 ТН ВЭД, тыс. долларов [4]

Импортер	Стоимость экспорта					
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Всего	164 132 076	270 735 802	386 362 442	261 569 086	254 932 828	134 215 518
Китай	33 224 576	52 377 137	85 378 138	94 035 767	94 823 797	78 108 607
Турция	8 308 482	14 292 499	41 801 760	30 095 420	32 231 488	29 795 598
Бразилия	303 751	954 752	1 721 533	5 708 862	6 486 239	5 058 473
Япония	6 404 957	8 701 721	10 246 615	5 034 226	3 822 676	3 546 466
Франция	5 220 862	9 637 393	14 316 471	2 367 581	3 347 167	3 523 513
Республика Корея	7 868 197	13 219 919	11 157 341	5 498 604	3 535 572	3 486 096
Сингапур	1 219 307	1 995 035	1 385 316	3 429 974	4 326 119	3 329 034
Монголия	773 538	1 068 671	1 670 809	1 803 928	2 141 801	2 131 922
Индонезия	182 104	233 436	466 013	1 086 817	1 084 874	1 761 473
Сербия	702 935	890 951	2 144 223	1 203 039	850 399	893 675

Динамика российского экспорта товаров группы 27 ТН ВЭД в 2020–2025 гг. формировалась под влиянием резких изменений внешнеэкономической конъюнктуры и в значительной степени отражает адаптацию отрасли к новым условиям. Если в 2020 году на фоне снижения мирового спроса на энергоресурсы экспортная выручка находилась на относительно низком уровне (164,1 млрд долл.), то уже в последующие годы наблюдался стремительный рост, достигший максимума в 2022 году (386,4 млрд долл.).

При этом столь существенное увеличение было обусловлено преимущественно ценовым фактором, а не расширением физических объемов поставок. Рост мировых цен на нефть и газ в условиях нестабильности на глобальных рынках обеспечил значительное увеличение экспортной выручки, что стало определяющим фактором динамики в данный период.

Начиная с 2023 года, ситуация меняется: стоимостные показатели экспорта снижаются, несмотря на сохранение значительных объемов поставок. Это свидетельствует о переходе рынка к новой модели функционирования, в рамках которой ключевую роль начинают играть ограничения внешней торговли, изменение географии поставок и необходимость предоставления ценовых дисконтов. Дополнительное влияние оказывает удорожание логистики и усложнение маршрутов транспортировки.

В этих условиях происходит заметная трансформация географической структуры экспорта. Основной спрос смещается в сторону азиатских стран, прежде всего Китая, который становится ключевым направлением поставок. Одновременно усиливается роль Турции как транзитного и торгового хаба, а также расширяется присутствие на новых рынках, включая Бразилию. В то же время развитые страны сокращают закупки, что связано с изменением торговой политики и стремлением снизить зависимость от российских энергоресурсов.

Таким образом, динамика российского экспорта в рассматриваемый период отражает не столько изменение общего уровня спроса, сколько глубокую перестройку системы внешней торговли, связанную с переориентацией потоков и изменением условий функционирования рынка.

В контексте указанных изменений импортная составляющая играет вспомогательную роль. Несмотря на статус одного из крупнейших экспортёров энергоресурсов, Россия сохраняет ограниченный объем импорта товаров группы 27 ТН ВЭД, который носит преимущественно технологический и логистический характер. Закупки отдельных видов нефтепродуктов, компонентов переработки и электроэнергии обусловлены особенностями внутренней структуры производства и функционирования приграничных регионов.

В табл. 4 представлены данные, характеризующие структуру российского импорта товаров группы 27 ТН ВЭД.

Таблица 4

Структура стоимости российского импорта товаров группы 27 ТН ВЭД, тыс. долларов [4].

Экспортер	Стоимость импорта				
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Мир	2 271 974	2 362 280	1 857 362	1 283 054	522 776
Казахстан	551 080	608 987	479 564	393 326	-
Республика Корея	152 434	244 444	310 939	262 083	213 426
Китай	137 558	266 466	262 125	220 035	160 515
Турция	121 539	289 685	227 701	114 705	80 315
Япония	72 138	81 667	101 171	33 140	971
Азербайджан	47 232	50 495	86 173	24 328	-
Таиланд	19 636	29 177	28 728	17 768	16 646
Малайзия	6 924	11 045	17 334	30 533	28 563
Финляндия	337 113	111 157	1 174	0	-
Германия	174 403	130 388	6 474	1 183	388

Результаты анализа структуры и динамики российского импорта товаров группы 27 ТН ВЭД в 2021–2025 гг. показывает, что, несмотря на относительно небольшие объемы, импорт отличается выраженной изменчивостью и отражает как внешнеэкономические, так и внутренние структурные факторы.

Прежде всего, обращает на себя внимание устойчивая тенденция к снижению общего объема импорта: с 2,27 млрд долл. в 2021 году до 522,8 млн долл. в 2025 году. Это сокращение носит системный характер и связано с несколькими ключевыми причинами. Во-первых, происходит адаптация российской экономики к внешним ограничениям, включая санкционное давление и изменение условий международной торговли. Во-вторых, усиливается курс на импортозамещение и развитие внутренней переработки, что снижает потребность в закупках отдельных видов энергоресурсов и нефтепродуктов за рубежом. В-третьих, значительное влияние оказали изменения логистики и удорожание транспортировки, что сделало часть импортных операций менее выгодными [8].

Ключевым поставщиком выступает Казахстан, который входит в состав ЕАЭС, на который приходится наибольшая доля импорта (более 30%) в 2024 году. Это объясняется не только географической близостью, но и высокой степенью интеграции энергетических систем двух стран. Поставки из Казахстана носят преимущественно региональный и логистически обусловленный характер, обеспечивая потребности приграничных территорий.

Существенную роль играют азиатские страны. Так, Республика Корея демонстрирует рост поставок до 2023 года с последующим умеренным снижением, что может быть связано с поставками специализированных нефтепродуктов и компонентов переработки. Аналогичная ситуация наблюдается по Китаю, который остаётся одним из стабильных поставщиков, отражая общее углубление торгово-экономических связей и переориентацию внешней торговли России на азиатское направление.

Импорт из Турции характеризуется резким ростом в 2022 году с последующим снижением. Это может быть связано с ролью Турции как транзитного хаба, через который осуществлялись поставки энергоресурсов и нефтепродуктов в условиях изменения логистических маршрутов.

В то же время наблюдается резкое сокращение импорта из европейских стран, таких как Финляндия и Германия. Если в 2021 году их доля была значительной, то уже к 2023–2025 гг. она практически сведена к нулю. Это напрямую связано с изменением политико-экономических отношений, разрывом прежних торговых цепочек и переориентацией потоков [7].

Интерес представляет и рост поставок из стран Юго-Восточной Азии, таких как Малайзия и Таиланд, что свидетельствует о диверсификации источников импорта и поиске альтернативных партнеров.

Таким образом, просматривается тенденция к значительному уменьшению импорта с 2021 года.

Основу структуры импорта товаров группы 27 ТН ВЭД составляют следующие товарные позиции:

- 2710 - нефть и нефтепродукты, полученные из битуминозных пород, кроме сырых; продукты, в другом месте не поименованные или не включенные, содержащие 70 мас.% или более нефти или нефтепродуктов, полученных из битуминозных пород, причем эти нефтепродукты являются основными составляющими продуктов; отработанные нефтепродукты
- 2701 - уголь каменный; брикеты, окатыши и аналогичные виды твердого топлива, полученные из каменного угля
- 2711 - газы нефтяные и углеводороды газообразные прочие
- 2716 – электроэнергия
- 2713 – кокс нефтяной, битум нефтяной и прочие остатки от переработки нефти или нефтепродуктов, полученных из битуминозных пород
- 2708 - пек и кокс пековый, полученные из каменноугольной смолы или прочих минеральных смол

На долю вышеуказанных товарных позиций ежегодно приходится более 80% от совокупного импорта товаров группы 27 ТН ВЭД.

Таблица 5

Товарные позиции, импортируемые в Российскую Федерации, тыс. долларов [2].

Код	Этикетка продукта	Стоимость импорта				
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
2710	Нефть и нефтепродукты, кроме сырых	1 036 397	1 344 523	1 369 855	1 150 820	762 782
2701	Уголь каменный и аналогичные виды топлива	319 110	412 891	217 893	146 561	154 920
2711	Газы нефтяные и углеводороды газообразные	40 988	117 660	338 875	230 023	88 275
2716	Электроэнергия	22 600	25 387	81 398	53 924	73 174
2713	Кокс нефтяной, битум и остатки переработки	129 405	140 870	153 148	101 256	72 714
2708	Пек и кокс пековый	36 307	95 734	95 978	101 006	63 343

Ключевой товар группы 27 ТН ВЭД — нефть и нефтепродукты (код 2710) — традиционно остаётся базой российского энергетического экспорта. Исторически значительная часть добываемого сырья и продукции переработки (порядка 60–70%) направлялась на внешние рынки, где она стабильно пользовалась высоким спросом. Однако за последние годы ситуация изменилась: произошла переориентация экспортных потоков, изменение ценовой конъюнктуры и усложнение логистики, что повлияло на структуру поставок и их стоимость.

Импорт по данной товарной позиции в Россию в основном приходится на отдельные виды нефтепродуктов и компонентов переработки, которые характеризуются высокой степенью специализации. Это связано с технологическими особенностями производства и потребностями отдельных отраслей. В связи с этим российским производителям важно развивать глубину переработки и расширять ассортимент продукции.

Наименее ориентированной на экспорт позицией является электроэнергия (код 2716), поскольку её поставки носят преимущественно локальный, приграничный характер и зависят от особенностей энергосистем.

Основная проблема связана с рынком высокотехнологичных нефтепродуктов и компонентов глубокой переработки, где сохраняется зависимость от отдельных внешних поставок и требуется дальнейшее развитие внутренних производственных компетенций.

Заключение

Несмотря на существующие внешнеэкономические ограничения, Россия сохраняет значительный потенциал в области экспорта энергоресурсов. Вместе с тем стране необходимы модернизация производственных мощностей и развитие технологий глубокой переработки нефти и газа для повышения добавленной стоимости продукции и укрепления позиций на мировом рынке. В настоящее время импорт товаров группы 27 ТН ВЭД остаётся незначительным и носит преимущественно вспомогательный характер, включая отдельные виды нефтепродуктов и компонентов переработки. Вместе с тем российский рынок уже переориентировал экспорт энергоресурсов на страны Азии, Ближнего Востока и другие альтернативные направления. Можно прогнозировать дальнейшее расширение сотрудничества России с данными регионами, а также укрепление её роли как одного из ключевых поставщиков энергоресурсов в условиях трансформации мировой энергетической системы.

Литература

1. State of Commodity Dependence 2025 [Электронный ресурс] // UNCTAD. — URL: https://unctad.org/publication/state-commodity-dependence-2025

2. Статистика мирового экспорта товаров группы 27 ТН ВЭД [Электронный ресурс] // Trade map. URL: https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=5%7c%7c%7c%7c%7c%27%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c%7c2%7c1%7c1%7c1

3. Статистика мирового импорт товаров группы 27 ТН ВЭД [Электронный ресурс] // Trade map. URL: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=5%7c%7c%7c%7c%7c%27%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1

4. Статистика внешней торговли Российской Федерации [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной таможенной службы России. — URL: https://customs.gov.ru

5. World Energy Outlook 2024 [Электронный ресурс] // International Energy Agency. — URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024

6. Новак А.В. ТЭК России – 2050: надежность, технологичность, лидерство // Энергетическая политика. - 2025. - №4(207)

7. Осипов В.С., Сенотрусова С.В. Влияние санкций на мировой нефтяной рынок: структурные сдвиги и адаптационные стратегии // Проблемы теории и практики управления. - 2025. - №8. - С. 13

8. Сенотрусова С.В., Свинухов В.Г., Жегличева В.В. Международный транзит товаров группы 27 ТН ВЭД через территорию РФ//Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право, издательство Научные технологии (Москва), 2024, № 4, с. 86-90

The global structure of oil and gas exportsa

Bocharnikov I.A.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article analyzes the structure and dynamics of global exports and imports of goods in Group 27 of the Harmonized Commodity Description and Coding System, which includes oil, petroleum products, and natural gas. The main trends in international energy trade in 2020-2024 are identified, including a sharp increase in value indicators in 2021-2022 and a subsequent decline. It is shown that the dynamics of the global market are largely influenced by changes in the price environment, geopolitical factors, and the consequences of the energy crisis. Special attention is given to analyzing the structure and dynamics of Russian exports and imports of energy resources.

Keywords: export, import, energy resources, oil, petroleum products, natural gas, goods of 27th HS group, dynamics, structure.

References

1. State of Commodity Dependence 2025 [Electronic resource] // UNCTAD. — URL: https://unctad.org/publication/state-commodity-dependence-2025.
2. Statistics of world exports of goods of the 27th HS group [Electronic resource] // Trade map. URL: https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=5%7c%7c%7c%7c%7c%7c27%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c%7c2%7c1%7c1%7c1.
3. Statistics of the global import of goods of the 27th HS group [Electronic resource] // Trade map. URL: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=5%7c%7c%7c%7c%7c%7c27%7c%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1 .
4. Statistics of foreign trade of the Russian Federation [Electronic resource] // Official website of the Federal Customs Service of Russia. — URL: https://customs.gov.ru.
5. World Energy Outlook 2024 [Electronic resource] // International Energy Agency. — URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024.
6. Novak A.V. Fuel and Energy Complex of Russia – 2050: reliability, adaptability, leadership // Energy policy. - 2025. - №4(207).
7. Osipov V.S., Senotrusova S.V. The impact of sanctions on the global oil market: structural shifts and adaptation strategies // Problems of management theory and practice. - 2025. - No. 8. - S. 13.
8. Senotrusova S.V., Svinukhov V.G., Zhoglicheva V.V. International transit of goods of Group 27 of the Customs Code of Foreign Economic activity through the territory of the Russian Federation//Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and Law, Scientific Technologies Publishing House (Moscow), 2024, No. 4, pp. 86-90.

Потенциал углубленной переработки древесины как драйвера интеграции российских предприятий лесопромышленного комплекса в трансграничные цепочки добавленной стоимости

Веснин Антон Сергеевич
аспирант, кафедра мировой экономики, Дипломатическая Академия МИД России, vesninanton2@gmail.com

В статье анализируются актуальные факторы влияния на экспортную специализацию российских предприятий лесопромышленного комплекса и их включенность в трансграничные цепочки добавленной стоимости (ЦДС). Обосновано, что развитие инженерной древесины, древесно-полимерных композитов, лесохимии и наноцеллюлозы способно повысить маржинальность производства и расширить участие России в высокодоходных сегментах рынка. Предложена авторская модель интеграции российских предприятий ЛПК в евразийские ЦДС.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс России, экспорт лесопродукции, углубленная переработка древесины, цепочки добавленной стоимости, санкции, инженерная древесина, биоэкономика, евразийская интеграция.

Введение

Российский лесопромышленный комплекс обеспечивает около 3–4 % промышленного производства страны, однако доля России в мировой торговле лесной продукцией держится ниже 4 % [12]. При этом доля продукции высоких переделов в структуре экспорта остается ограниченной. По структуре производства в лесопромышленном комплексе (ЛПК) России исследования на базе официальной статистики фиксируют устойчивый рост выпуска круглого леса, пиломатериалов, древесных гранул, древесных плит и шпона [5]. При этом после запрета с января 2022 года экспорта необработанного леса и последующего эмбарго ЕС на ввоз древесины и части лесобумажной продукции из России экспорт круглого леса резко сократился, основной поток сместился в сторону пиломатериалов и плит, а география почти полностью переориентировалась на азиатские рынки. Основными центрами притяжения российских поставок стали Китай, страны ЕАЭС и часть рынков Ближнего Востока и Центральной Азии. Вместе с тем, в структуре российского экспорта по-прежнему доминируют пиломатериалы, фанера, отдельные виды плит и целлюлозы, а доля продукции высоких переделов (включая инженерную древесину, мебель и комплектующие, высокотехнологичные биопродукты) невелика [5; 7]. Иными словами, адаптация отрасли к новым условиям после 2022 года в значительной степени носит компенсаторный характер (перераспределение товарных потоков), но не сопровождается сопоставимым усложнением экспортной специализации в терминах добавленной стоимости.

Рассмотрим ключевые факторы влияния на российский ЛПК и участие российских предприятий отрасли в высокомаржинальных сегментах ЦДС.

В таблице 1 приведен перечень основных факторов интеграции российских предприятий ЛПК в ЦДС.

Таблица 1
Факторы интеграции российских предприятий ЛПК в ЦДС

Фактор	Содержание
Санкции и доступ к внешним рынкам	Эмбарго ЕС, ограничения на расчеты, сокращение числа стран импортеров
Логистика и транспортные издержки	Пропускная способность восточных коридоров, тарифы РЖД, фрахт, страхование
Доступ к технологиям и оборудованию	Ограничения экспорта технологий, необходимость локализации и импортозамещения
Глубина переработки и структура экспорта	Доля пиломатериалов и сырья против инженерной древесины, ЦБП, биопродуктов
Цифровая прослеживаемость и комплаенс	ЕГАИС «Лес», traceability, выполнение требований контрагентов и регуляторов
Экологические стандарты и ESG повестка	Допуск на рынки с жесткими требованиями к устойчивому лесопользованию
Кластеры, НИОКР и кадровый потенциал	Наличие биокластеров, исследовательских центров, инженерных школ

Источник: составлено автором

Санкционные пакеты ЕС 2022 года, включавшие эмбарго на древесину, фанеру, пиломатериалы, а затем и на древесную массу с бумагой, привели к сокращению экспортной выручки российских лесопромышленников примерно на 18,4% по сравнению с 2021 годом. Резко уменьшились поставки в Евросоюз, сузился перечень стран-импортёров лесопродукции [2]. Количество направлений вывоза пиломатериалов сократилось со 130 до 30, логистика подорожала на 35–45%, часть маршрутов утратила рентабельность. В этих условиях основной поток экспорта лесоматериалов был перенаправлен с западных направлений на восточные — преимущественно через Транссибирскую магистраль и Байкало-Амурскую железную дорогу. Транспортная инфраструктура не успевала перераспределять возросшие объёмы, что привело к увеличению сроков доставки и росту рисков сбоев. Одновременно снизился общий объём экспортных перевозок: по данным транспортной статистики, в 2023 году вывоз лесной и целлюлозно-бумажной продукции из России составил примерно половину от уровня 2021 года, а железнодорожные перевозки лесных грузов на внешние рынки сократились с 27 млн т до 15 млн т. Предприятия, ранее ориентированные на европейские рынки, столкнулись с ограниченной провозной способностью восточных маршрутов, что негативно сказалось на логистической эффективности [3].

По технологичности и технологическому разрыву аналитика ФАО и академические обзоры указывают на хроническое недоиспользование

производственного потенциала лесного сектора России, при оценке совокупной мощности около 100 млрд долларов осваивается в 7-10 %, среди ограничений выделяются неэффективные управленческие практики, дефицит современного оборудования, слабая инфраструктура. Кроме того, сохраняется зависимость от импортного оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности, плитного производства, лесохимии и инженерной древесины.

В таблице 2 представлены сравнительные показатели развития ЛПК России и стран лидеров отрасли.

Таблица 2
Сравнительные показатели ЛПК России и стран лидеров по косвенным индикаторам технологичности

Показатель	Россия	Финляндия	Швеция	Канада
Доля лесного сектора в ВВП, %	0,8	4,1	4	3
Доля лесного сектора в промышленном производстве, %	3,7	20	8	17,2
Доля лесного сектора в экспорте товаров, %	2,4	37	15	15
Доля занятых в лесном секторе в общей занятости, %	1	2,2	2	2
Преобладающая структура экспорта	Пиломатериалы, фанера	Инженерная древесина, биопродукты	Бумага, биоматериалы	ЦБП, биохимия
Уровень автоматизации	Средний	Средний	Средний	Средний

Источник: составлено автором по материалам отраслевых исследований [11; 14; 15; 20].

Существенным ограничивающим фактором для отрасли также являются стремительная цифровизация отрасли и развитие систем прослеживаемости, которые превращаются в обязательное условие допуска продукции в трансграничные цепочки, покупатели на зарубежных рынках требуют подтверждения законности происхождения древесины, отсутствия нелегальной заготовки, соответствия заявленным экологическим параметрам.

В таблице 3 приведены данные уровня цифровизации ЛПК России в сопоставлении с международными требованиями.

Таблица 3
Уровень цифровизации ЛПК России и международные требования [13]

Параметр	Россия	Международные рынки
Базовая система	ЕГАИС «Лес», обязательный электронный учет древесины с 2022 года	Цифровой контроль происхождения
Прослеживаемость	Учет сырья и пиломатериалов, без включения изделий высокой переработки	Полная прослеживаемость от заготовки до финального изделия
Геометки делянок	Частично фиксируются, не обязательны	Обязательны (EUDR, FSC, PEFC)
Цепь поставок	Национальная, без сквозной интеграции с международными платформами	Глобальная, с верификацией через сертификацию и блокчейн
Соответствие требованиям	Средний уровень, частичная совместимость с международными стандартами	Высокие требования к цифровой прозрачности и ESG-комплаенсу

Существенное влияние на экспортный потенциал отрасли оказывает усиление экологических стандартов и тренд на развитие биоэкономики. Данные тенденции одновременно ограничивают и открывают новые возможности для российских предприятий ЛПК. Крупные рынки устанавливают регламенты, запрещающие оборот продукции из лесов с неустойчивым управлением, а также вводят требования по снижению углеродного следа и увеличению доли возобновляемых материалов в строительстве и упаковке [13].

Лесные ресурсы становятся базой для низкоуглеродных материалов, однако доступ на внешние рынки возможен только при подтверждённой устойчивости.

2. Потенциал углубленной переработки древесины как фактора роста добавленной стоимости

Структура трансграничных цепочек добавленной стоимости в лесопромышленном комплексе отражает прохождение древесного ресурса через ряд взаимосвязанных звеньев, где каждое звено формирует дополнительную стоимость. Применительно к лесопродукции цепочка включает последовательность следующих стадий: лесоуправление, заготовку и поставку древесины, первичную переработку через распиловку и сушку, вторичную переработку и производство готовых изделий, далее логистику и сбыт. При этом основная часть добавленной стоимости формируется на Основная часть прибыли формируется на этапах глубокой переработки, разработки материалов и выхода на конечного потребителя.

В мировой практике наблюдается устойчивое смещение центра формирования добавленной стоимости от традиционного сырьевого сегмента к производству инженерной древесины, древесных композитов, биоразлагаемых материалов и продукции лесохимии [11]. Особенно активно данные направления развиваются в Финляндии, Швеции и Канаде, где лесной сектор интегрирован в национальные стратегии биоэкономики. Так, Финляндия и Швеция последовательно диверсифицировали лесной сектор в сторону инженерной древесины, инновационных панелей, текстильных волокон на основе целлюлозы, платформенных химикатов и биоэнергетики. Исследования по новым древесным продуктам фиксируют высокий рыночный потенциал текстильных материалов, жидкого биотоплива и платформенных химикатов в долгосрочной перспективе [8; 10]. В Канаде стратегия развития лесного сектора ориентирована на расширение производства биопродуктов, биотоплива и биохимикатов, способных обеспечить дополнительный вклад в экономический рост и снижение выбросов парниковых газов, при этом усиливается роль кластеров и партнерств в сфере био-НИОКР [14; 20].

Таким образом, современная логика цепочек добавленной стоимости основана на смещении прибыли от заготовки древесины к технологически сложным стадиям переработки и использованию побочных потоков биомассы. Наибольший прирост стоимости обеспечивается не увеличением объемов сырья, а усложнением продуктовой структуры и расширением линейки биоматериалов [16]. В сравнении с производителями кругляка и базовых пиломатериалов, предприятия инженерной древесины, биополимеров и лесохимии демонстрируют более высокую рентабельность и устойчивость [7]. Российский экспорт ЛПК при этом остается преимущественно сырьевым и ориентированным на низкие и средние переделы.

Перспективы углубленной переработки наиболее отчетливо проявляются на мировых рынках инженерной древесины, древесных композитов и биоматериалов (Рис.7). Мировой рынок инженерной древесины оценивался в 254,2 млрд долл. в 2023 г. и может достичь 427,3 млрд долл. к 2033 г. при среднем росте 5,3 % [8]. Особенно динамичен сегмент массивной древесины (CLT), где рынок увеличится с 1,17 млрд долл. в 2022 г. до 3,57 млрд долл. к 2030 г. при темпах около 15 % [10].

Рисунок 2 – Динамика роста мирового рынка инженерной древесины, композитов и биополимеров в прогнозах до 2030 года, млрд. долл. США [11]

Таблица 4 систематизирует основные направления глубокой переработки и их потенциал.

Таблица 4
Технологические направления глубоких переделов и потенциал добавленной стоимости [18; 19]

Направление	Пример	Объем мирового рынка	Оценка потенциала добавленной стоимости
Инженерная древесина	LVL, клееный брус, панели, балки для строительства	254,2 млрд долл. США в 2023 г, прогноз 427,3 млрд долл. США к 2033 г, среднегодовой рост 5,3 %	Высокий, крупный сегмент строительных материалов, премия за конструкционные свойства и снижение углеродного следа
Массивная древесина CLT	Панели cross laminated timber для многоэтажного и модульного строительства	1,174 млрд долл. США в 2022 г, прогноз 3,569 млрд долл. США к 2030 г, среднегодовой рост 14,9 %	Очень высокий, ниша быстрорастущих высокотехнологичных конструкций, значительная добавленная стоимость на кубометр древесины
Древесно полимерные композиты WPC	Террасные доски, фасадные системы, профили для строительства и транспорта	5,4 млрд долл. США в 2020 г, прогноз 12,6 млрд долл. США к 2030 г, среднегодовой рост 8,9 %	Высокий, конкурентоспособные материалы с ценовой премией по сравнению с пиломатериалами и рядом обычных полимеров

Направление	Пример	Объем мирового рынка	Оценка потенциала добавленной стоимости
Наноцеллюлоза	Нанофибриллы и нанокристаллы для упаковки, мембран, композитов, медицины	0,56 млрд долл. США в 2023 г, прогноз 1,86 млрд долл. США к 2030 г, среднегодовой рост 18,7 %	Очень высокий, малый по объему, но наукоемкий сегмент с высокими ценами за тонну и сильной ролью НИОКР
Биополимеры на основе древесной биомассы	Биопластики, биоразлагаемая упаковка, композиции для текстиля и авто	20,98 млрд долл. США в 2024 г, прогноз 50,17 млрд долл. США к 2030 г, среднегодовой рост 15,6 %	Очень высокий, быстрый рост спроса на заменители ископаемых полимеров, высокая маржинальность финальной продукции

Рынок древесных композитов демонстрирует устойчивую динамику (5,4 млрд долл. в 2020 г. до 12,6 млрд долл. в 2030 г.), а наноцеллюлоза — один из наиболее быстрорастущих сегментов с темпами до 19–23 % [8]. Основной спрос формируется в строительстве, упаковке и транспорте, где древесные материалы конкурируют с полимерами за счет массы, прочности и экологических характеристик.

Потенциал выхода России в глобальные технологичные ниши связан с сочетанием ресурсной базы и ориентацией на сегменты с высокой динамикой спроса – CLT, древесно-полимерных композитов (WPC) и наноцеллюлозы. CLT расширяет применение древесины в многоэтажном строительстве, WPC усиливает позиции в строительстве и транспорте, а наноцеллюлоза формирует открывает ниши в барьерной упаковке, медицинских материалах, мембранах, где сочетание биосовместимости, низкой массы и высокой прочности позволяет конкурировать с традиционными полимерами и металлами [11].

Развитие кластеров и НИОКР видится одним из важных факторов усиления российских позиций на рынках вышеуказанной продукции. Международный опыт показывает, что предприятия глубокой переработки становятся ядрами биокластеров, вокруг которых формируются инжиниринговые компании, стартапы и исследовательские центры. Перспективным направлением является создание технопарков биоэкономики и лесохимии на базе крупных деревообрабатывающих и целлюлозных предприятий.

Важно отметить современный тренд на сокращение длины ЦДС и усиление ориентации на региональные рынки. Для ЛПК России это означает смещение от модели глобального сырьевого экспорта к евразийской конфигурации с ядром Россия – ЕАЭС – Китай [15; 9]. В связи с этим развитие трансграничных кластеров целесообразно в связке «Россия – ЕАЭС – Китай».

Данная модель интеграции в ЦДС опирается на трехконтурную конфигурацию. Первый контур формирует ресурсную базу и низкие переделы в лесных регионах России, где концентрируются заготовка, первичная переработка и выпуск полуфабрикатов для последующей конвертации в продукты с высокой добавленной стоимостью. Второй контур объединяет кластеры глубокой переработки, ориентированные на рынки ЕАЭС и Китая, с набором компетенций в инженерной древесине, биохимии, упаковочных материалах, здесь же сосредотачиваются НИОКР, проектные организации, логистическая инфраструктура.

Выводы

Проведенное исследование показывает, что участие российских предприятий ЛПК в трансграничных цепочках добавленной стоимости всё больше зависит не от объёма лесосырьевой базы, а от способности развивать высокотехнологичные сегменты переработки древесины. Традиционная экспортно-сырьевая модель (с доминированием пиломатериалов, плит, фанеры и целлюлозы) ограничивает перераспределение добавленной стоимости в пользу российских производителей и снижает устойчивость отрасли в условиях санкций, геоэкономической фрагментации и регионализации торговли. Дополнительными барьерами выступают рост логистических издержек, зависимость от импортного оборудования, технологическое отставание от стран-лидеров лесной биоэкономики, а также недостаточный уровень цифровизации и внедрения принципов «зелёной» трансформации отрасли.

Литература

1. Анализ прямых потерь российского ЛПК от запрета поставок продукции из древесины в Европу [Электронный ресурс] / ООО «Национальное Лесное Агентство Развития и Инвестиций» // ЛПК Сибири. – 2024. – URL: https://lpk-sibiri.ru/analytics/analiz-pryamyh-poter-rossiyskogo-lpk-ot-zapreta-postavok-produktsii-iz-drevesiny-v-evropu/ (дата обращения: 03.12.2025).

2. Влияние санкционных ограничений на развитие лесопромышленного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: https://vaael.ru/article/view?id=3418 (дата обращения: 03.12.2025).

3. Каковы альтернативы российской торговли и цепочки поставок при введении санкций США и ЕС? [Электронный ресурс] // Meatinfo.ru. – URL: https://meatinfo.ru/blog/kakovi-alternativi-rossiyskoy-torgovli-i-tsepochki-980 (дата обращения: 03.12.2025).

4. Кархова С. А. Оценка позиций Российской Федерации на мировом рынке леса [Электронный ресурс] // Азимут научных исследований: экономика и управление. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-pozitsiy-rossiyskoy-federatsii-na-mirovom-rynke-lesa (дата обращения: 03.12.2025).

5. Лесопромышленный комплекс России [Электронный ресурс] // TAdviser: портал о цифровой трансформации. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Лесопромышленный_комплекс_России (дата обращения: 03.12.2025).

6. О ситуации в лесопромышленном комплексе Российской Федерации: статистический обзор [Электронный ресурс] // Минпромторг России. – URL: https://st.alestech.ru/files/c3c3183edaceb3ab0b3c1ee59d7c3a56.pdf дата обращения: 28.04.2026).

7. Прядилина Н. К. Экспорт российской лесопродукции в условиях санкций [Электронный ресурс]. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2024. – 5 с. – URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12888/1/konf_24_123.pdf (дата обращения: 03.12.2025).

8. Allied Market Research. Engineered Wood Market: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2024–2033. – 2024.

9. Chupilkin M., Javorcik B., Plekhanov A. The Eurasian roundabout: trade flows into Russia through the Caucasus and Central Asia // EBRD Working Paper. – 2023. – № 276. – 39 p. [Электронный ресурс]. – URL: https://users.ox.ac.uk/~econ0247/Roundabout.pdf (дата обращения: 03.12.2025).

10. Cross-Laminated Timber Market worth USD 3.60 billion by 2030 // MarketsandMarkets Research Pvt. Ltd. – 05.02.2026. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.globenewswire.com/news-release/2026/02/05/3232977/0/en/Cross-Laminated-Timber-Market-worth-3-60-billion-by-2030-at-a-CAGR-of-14-68-says-MarketsandMarkets.html (дата обращения: 03.12.2025).

11. Dieste A., Cabrera M. N., Clavijo L., Cassella N. Analysis of wood products from an added value perspective: the Uruguayan forestry case // Maderas. Ciencia y Tecnología. – 2019. – Vol. 21. – № 3. – P. 305–316. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.scielo.cl/pdf/maderas/v21n3/0718-221X-maderas-00303.pdf (дата обращения: 03.12.2025).

12. FAO. World Agriculture: Towards 2015/2030 – An FAO Perspective [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fao.org/4/y4252e/y4252e08.htm (дата обращения: 21.04.2026).

13. Fedorov A., Babko A., Sukharenko A., Emelin V. Illegal logging and trade in forest products in the Russian Federation. Environmental Crime Series. – GRID-Arendal, 2017. – 38 p. [Электронный ресурс]. – URL: [https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/310/original/RusLog_screen_(1).pdf](https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/310/original/RusLog_screen_%281%29.pdf) (дата обращения: 03.12.2025).

14. Hurmekoski E., Jonsson R., Korhonen J., Jänis J., Mäkinen M., Leskinen P., Hetemäki L. Diversification of the forest industries: role of new wood-based products // Canadian Journal of Forest Research [Электронный ресурс]. – URL: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/cjfr-2018-0116 (дата обращения: 03.12.2025).

15. Kallio M., Chen X., Jonsson R., Kunttu J., Zhang Y., Toppinen A., Zhang J., Chen J., Krajnc N., Cashore B., Yu B., Yong C., Pettenella D. China-Europe Forest Bioeconomy: Assessment and Outlook. From Science to Policy 11. – European Forest Institute, 2020. – 48 p. [Электронный ресурс]. – URL:

https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2020/EFI_fstp_11_2020.pdf (дата обращения: 03.12.2025).

16. Mo J., Haviarova E., Kitek Kuzman M. Wood-products value-chain mapping // Wood Material Science & Engineering [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1080/17480272.2024.2328787 (дата обращения: 03.12.2025).

17. Russia's global timber routes squeezed by surging transport costs [Электронный ресурс] // WoodCentral.com.au. – URL: https://woodcentral.com.au/russias-global-timber-routes-squeezed-by-surging-transport-costs (дата обращения: 03.12.2025).

18. Tian K., Yang C., Zhu K. Revealed Comparative Advantage Based on Value-Added Trade: An Analysis for China // 23rd International Input-Output Association Conference, 22–26 June [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iioa.org/conferences/23rd/papers/files/1988.pdf (дата обращения: 03.12.2025).

19. Usoltceva N., Tian G., Chang S. The Competitiveness of the Wood Forest Product Trade and Its Sustainable Development: The Case of the Far Eastern Federal District of Russia // Forests [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mdpi.com/1999-4907/16/2/207 (дата обращения: 03.12.2025).

20. Value-added products in Canada's forest sector: cultivating innovation for a competitive bioeconomy: report of the Standing Committee on Natural Resources / James Maloney, Chair. – Ottawa: House of Commons Canada, 2018. – 48 p. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ourcommons.ca/Content/Committee/421/RNNR/Reports/RP9828469/rnnrrp09/rnnrrp09-e.pdf (дата обращения: 03.12.2025).

21. Wood plastic composites market trends and forecast [Электронный ресурс] / Lucintel. – 2024. – URL: https://ru.lucintel.com/wood-plastic-composites-market.aspx (дата обращения: 03.12.2025).

The potential of advanced wood processing as a driver for integrating russian forest industry enterprises into cross-border value chains

Vesnin A.S.
Diplomatic Academy of the Russian Foreign Ministry

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article analyzes current factors influencing the export specialization of Russian forest industry enterprises and their integration into cross-border value chains. It is substantiated that the development of engineered wood, wood-polymer composites, forest chemistry, and nanocellulose can increase production margins and expand Russia's participation in high-value market segments. The author proposes a model for integrating Russian forest industry enterprises into Eurasian value chains.

Keywords: Russian forest industry complex, forest product exports, advanced wood processing, value chains, sanctions, engineered wood, bioeconomy, Eurasian integration.

References

1. Analysis of Direct Losses of the Russian Timber Industry Caused by the Ban on Wood Product Supplies to Europe [Electronic resource] / National Forest Agency for Development and Investment LLC // LPK Sibiri. – 2024. – Available at: https://lpk-sibiri.ru/analytics/analiz-pryamyh-poter-rossiyskogo-lpk-ot-zapreta-postavok-produktsii-iz-drevesiny-v-evropu/ (accessed: 03.12.2025).
2. The Impact of Sanction Restrictions on the Development of the Timber Industry Complex of the Russian Federation [Electronic resource]. – Available at: https://vaael.ru/article/view?id=3418 (accessed: 03.12.2025).
3. What Are the Alternatives for Russian Trade and Supply Chains under U.S. and EU Sanctions? [Electronic resource] // Meatinfo.ru. – Available at: https://meatinfo.ru/blog/kakovi-alternativi-rossiyskoy-torgovli-i-tsepochki-980 (accessed: 03.12.2025).
4. Karkhova S.A. Assessment of the Russian Federation's Position in the Global Timber Market [Electronic resource] // Azimuth of Scientific Research: Economics and Management. – Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-pozitsiy-rossiyskoy-federatsii-na-mirovom-rynke-lesa (accessed: 03.12.2025).
5. Russian Timber Industry Complex [Electronic resource] // TAdviser: Digital Transformation Portal. – Available at: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Лесопромышленный_комплекс_России (accessed: 03.12.2025).
6. On the Situation in the Timber Industry Complex of the Russian Federation: Statistical Review [Electronic resource] // Ministry of Industry and Trade of Russia. – Available at: https://st.alestech.ru/files/c3c3183edaceb3ab0b3c1ee59d7c3a56.pdf (accessed: 28.04.2026).
7. Pryadilina N.K. Export of Russian Timber Products under Sanctions [Electronic resource]. – Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2024. – 5 p. – Available at: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12888/1/konf_24_123.pdf (accessed: 03.12.2025).
8. Allied Market Research. Engineered Wood Market: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2024–2033. – 2024.
9. Chupilkin M., Javorcik B., Plekhanov A. The Eurasian roundabout: trade flows into Russia through the Caucasus and Central Asia // EBRD Working Paper. – 2023. – № 276. – 39 p. [Электронный ресурс]. – URL: https://users.ox.ac.uk/~econ0247/Roundabout.pdf (дата обращения: 03.12.2025).
10. Cross-Laminated Timber Market worth USD 3.60 billion by 2030 // MarketsandMarkets Research Pvt. Ltd. – 05.02.2026. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.globenewswire.com/news-release/2026/02/05/3232977/0/en/Cross-Laminated-Timber-Market-worth-3-60-billion-by-2030-at-a-CAGR-of-14-68-says-MarketsandMarkets.html (дата обращения: 03.12.2025).
11. Dieste A., Cabrera M. N., Clavijo L., Cassella N. Analysis of wood products from an added value perspective: the Uruguayan forestry case // Maderas. Ciencia y Tecnología. – 2019. – Vol. 21. – № 3. – P. 305–316. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.scielo.cl/pdf/maderas/v21n3/0718-221X-maderas-00303.pdf (дата обращения: 03.12.2025).
12. FAO. World Agriculture: Towards 2015/2030 – An FAO Perspective [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fao.org/4/y4252e/y4252e08.htm (дата обращения: 21.04.2026).
13. Fedorov A., Babko A., Sukharenko A., Emelin V. Illegal logging and trade in forest products in the Russian Federation. Environmental Crime Series. – GRID-Arendal, 2017. – 38 p. [Электронный ресурс]. – URL: [https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/310/original/RusLog_screen_(1).pdf](https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/310/original/RusLog_screen_%281%29.pdf) (дата обращения: 03.12.2025).
14. Hurmekoski E., Jonsson R., Korhonen J., Jänis J., Mäkinen M., Leskinen P., Hetemäki L. Diversification of the forest industries: role of new wood-based products // Canadian Journal of Forest Research [Электронный ресурс]. – URL: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/cjfr-2018-0116 (дата обращения: 03.12.2025).
15. Kallio M., Chen X., Jonsson R., Kunttu J., Zhang Y., Toppinen A., Zhang J., Chen J., Krajnc N., Cashore B., Yu B., Yong C., Pettenella D. China-Europe Forest Bioeconomy: Assessment and Outlook. From Science to Policy 11. – European Forest Institute, 2020. – 48 p. [Электронный ресурс]. – URL: https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2020/EFI_fstp_11_2020.pdf (дата обращения: 03.12.2025).
16. Mo J., Haviarova E., Kitek Kuzman M. Wood-products value-chain mapping // Wood Material Science & Engineering [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1080/17480272.2024.2328787 (дата обращения: 03.12.2025).
17. Russia's global timber routes squeezed by surging transport costs [Электронный ресурс] // WoodCentral.com.au. – URL: https://woodcentral.com.au/russias-global-timber-routes-squeezed-by-surging-transport-costs (дата обращения: 03.12.2025).
18. Tian K., Yang C., Zhu K. Revealed Comparative Advantage Based on Value-Added Trade: An Analysis for China // 23rd International Input-Output Association Conference, 22–26 June [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iioa.org/conferences/23rd/papers/files/1988.pdf (дата обращения: 03.12.2025).
19. Usoltceva N., Tian G., Chang S. The Competitiveness of the Wood Forest Product Trade and Its Sustainable Development: The Case of the Far Eastern Federal District of Russia // Forests [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mdpi.com/1999-4907/16/2/207 (дата обращения: 03.12.2025).
20. Value-added products in Canada's forest sector: cultivating innovation for a competitive bioeconomy: report of the Standing Committee on Natural Resources / James Maloney, Chair. – Ottawa: House of Commons Canada, 2018. – 48 p. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ourcommons.ca/Content/Committee/421/RNNR/Reports/RP9828469/rnnrrp09/rnnrrp09-e.pdf (дата обращения: 03.12.2025).
21. Wood plastic composites market trends and forecast [Электронный ресурс] / Lucintel. – 2024. – URL: https://ru.lucintel.com/wood-plastic-composites-market.aspx (дата обращения: 03.12.2025).

Особенности операционной архитектуры внебиржевых торгов в странах мира и их влияние на инвестиционные потоки

Евдокимов Артём Дмитриевич
аспирант, кафедра мировой экономики и мировых финансов, стажёр-исследователь, Институт исследований международных экономических отношений, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, adevdokimov21@gmail.com

В статье рассматриваются такие особенности деятельности инфраструктуры, обеспечивающей внебиржевые торги, в различных странах мира как опыт организации клиринга внебиржевых торгов, публикации агрегированных данных, посттрейд-прозрачности. Автор обращает внимание на влияние внебиржевого рынка и сопутствующих предметов исследования на изменение объемов иностранных инвестиций в странах ЕС, БРИКС и отдельно взятых государствах, в частности, США. Подчеркивается стратегическая важность интеграции фондовых рынков стран как одного из факторов положительной динамики роста ПИИ. Автором проведен сравнительный анализ инвестиционных показателей в рассматриваемых странах и регуляторные особенности. Автором сделан вывод о необходимости расширения степени взаимодействия и интегрированности капиталов стран на фондовых рынках друг друга за счет повышения эффективности деятельности инфраструктуры внебиржевого контура. Исследователем выдвинута рекомендация о рассмотрении возможностей доступа к внебиржевой торговле в контуре стран БРИКС с целью экономического развития объединения.

Ключевые слова: ПИИ, мировая экономика, Индия, Китай, ЕС, США, внебиржевой рынок, клиринг, регулирование.

Введение

Внебиржевой рынок ценных бумаг формирует устойчивый сегмент финансовой инфраструктуры, обеспечивающий обращение инструментов эмитентов, не включённых в листинг организованных торговых площадок. Иностранные инвестиции, привлекаемые посредством международной внебиржевой торговли способны обеспечить рост фондовых рынков стран-партнеров в несколько раз, благодаря реальности капитала.

Особенности операционной архитектуры данного рынка обуславливают необходимость формирования специализированных механизмов расчётно-клирингового сопровождения, направленных на минимизацию расчётных рисков, стандартизацию посттрейд-процедур и обеспечение информационной прозрачности. Международный опыт организации клиринга внебиржевых акций демонстрирует дифференциацию регуляторных подходов, варьирующихся от централизованных моделей с обязательным участием центральных контрагентов до децентрализованных схем двустороннего расчёта.

Анализ практик ведущих юрисдикций позволяет выявить устойчивые тенденции в развитии клиринговой экосистемы: гармонизацию требований к отчётности, внедрение механизмов непрерывного неттинга, ужесточение стандартов посттрейд-прозрачности и систематизацию инструментов защиты инвесторов. В настоящем материале рассматриваются институциональные основы клирингового обслуживания внебиржевых операций, регулирующие требования к раскрытию рыночных данных, а также сравнительные характеристики расчётных моделей в США, Европейском союзе, Великобритании и странах Азиатско-Тихоокеанского региона, в частности странах БРИКС.

Методы исследования

В настоящем исследовании применяется метод анализа литературы: широкий сбор и систематизация профильных научных работ, нормативно-правовых актов и аналитических отчетов. На основе анализа собранных материалов обобщены имеющиеся научные результаты и выявлены существующие проблемы, что позволяет заложить теоретическую базу для дальнейших исследований. Также произведен анализ и синтез данных, отражающих структуру ВВП стран и доли их входящих и исходящих ПИИ.

Теоретическая часть

1.1. Предпосылки исследования клиринга внебиржевых операций на основе анализа динамики ПИИ.

На современном этапе трансграничное взаимодействие между участниками рынка ценных бумаг стран БРИКС носит дискретный, двухсторонний характер, который достаточно часто предполагает использование канала связи для международных расчетов, подконтрольного какой-либо третьей стране, не входящей в организацию БРИКС.

Стоит отметить, что расширенное объединение стран БРИКС по росту совокупного ВВП значительно опережает рост иных объединений и союзов в мире, в частности ЕС, и по показателям не уступает политически-противопоставляемым США (Рис. 1).

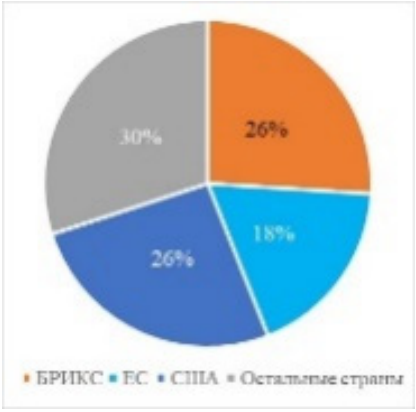


Рисунок 1. Структура ВВП в текущих ценах по сравниваемым регионам, 2025 г.
Источник: составлено автором на основе данных Всемирного Банка [16].

Несмотря на относительно-господствующую совокупную позицию по показателям роста ВВП, объем внешних инвестиций в странах БРИКС, согласно статистике, незначителен (рис.2 и 3).

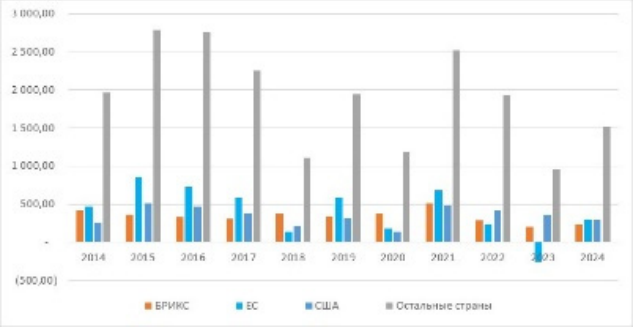


Рисунок 2. Объем входящих ПИИ, млрд долл. США. Источник: составлено автором на основе данных Всемирного Банка [16].

Как входящие, так и исходящие потоки прямых иностранных инвестиций в Европу продемонстрировали спад в 2022 году, в основном из-за ухудшения отношений с Россией на фоне обострения геополитической обстановки. Поскольку инвесторы опасались вкладывать средства в Европу в период геополитической нестабильности, плохих экономических показателей и высокой инфляции, входящие потоки прямых иностранных инвестиций стали резко отрицательными.

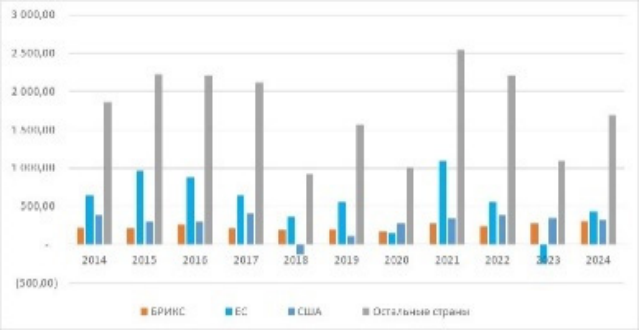


Рисунок 3. Объем исходящих ПИИ, млрд долл. США. Источник: составлено автором на основе данных Всемирного Банка [16].

Отрицательное значение входящих и исходящих ПИИ означает, что изъятие инвестиций из страны превышает входящие в неё инвестиции.

Графики наглядно демонстрируют низкие объемы иностранных инвестиций, поступающих в страны БРИКС, относительно сравниваемых объединений и государств. Доля инвестиционной активности ниже стран ЕС в отношении к иным странам и общемировым значениям, что сигнализирует о необходимости пересмотра соответствующей политики БРИКС.

В рамках последнего десятилетия происходит трансформация целей и задач, которые прописаны в Декларациях и стратегических документах, принимаемых на ежегодных саммитах БРИКС. Если в первые годы после создания объединения речь идет исключительно о формировании благоприятных условий для перетока товаров, включая капиталовложения в транспортную логистику, то уже на четвертом саммите декларировалась цель постепенного отказа от евро и доллара в расчетах между странами и обсуждались механизмы сближения фондовых площадок для создания условий перекрестного инвестирования экономик стран участников.

Последние Декларации стран БРИКС демонстрируют усиление многосторонней заинтересованности входящих в объединение стран влиять на глобальное регулирование мировой экономики и реформировать мировую валютно-финансовую систему. Особенно остро данный вопрос встал в период второго президентского срока Д. Трампа, ознаменовавшегося прямым вмешательством в устойчивое мировое устройство.

Реализация декларируемых БРИКС целей потребует более тесного взаимодействия между странами по вопросам инвестиционного сотрудничества, так как именно рынок капитала приносит синергетический эффект, обеспечивающий расширение торговых и других экономических взаимосвязей.

Наращивание инвестиционного потенциала, как и притока, напрямую зависит от возможностей, имеющихся на рынке. Зачастую, иностранные компании, не заявившиеся на биржевое обращение ценных бумаг в третьих странах, привлекают более осознанных инвесторов, и как следствие, реальный иностранный капитал.

С целью определения фундамента развития внебиржевой торговли в странах БРИКС обратимся к особенностям предоставления информации о внебиржевых акциях и проблемам в части клиринга по указанной теме.

1.2. Международный опыт организации клиринга внебиржевых акций.

Внебиржевые акции (OTC) – акции компаний, не допущенные к торгам на организованных биржах и обращающиеся вне биржевых площадок или напрямую через дилеров. Согласно позиции Комиссии по ценным бумагам и биржам США, данные инструменты котируются посредством альтернативных торговых систем или напрямую через дилерские сети [11]. Операционный контур охватывает два сегмента: биржевые бумаги, обращающиеся вне основной площадки преимущественно в формате крупных блоков, и нелистинговые акции, для которых внебиржевой канал является единственным местом реализации.

Сегментация американского внебиржевого рынка осуществляется структурой OTC Markets Group на основе стандартов корпоративной отчётности [1].

Расчётно-клиринговое обеспечение операций интегрировано в общерыночную архитектуру. Функции центрального депозитария выполняет The Depository Trust Company (DTC), а роль клирингового учреждения отведена National Securities Clearing Corporation (NSCC). Обе организации входят в состав DTCC и обрабатывают подавляющее большинство междилерских операций независимо от биржевого или внебиржевого происхождения инструментов.

Брокерско-дилерские организации преимущественно используют NSCC в качестве центрального контрагента, который принимает на себя обязательства сторон, проводит зачёт позиций и обеспечивает settlement по схеме T+2. С мая 2024 года расчётный цикл сокращён до T+1 [10]. Оперативное раскрытие данных о совершённых сделках осуществляется посредством Trade Reporting Facility (TRF) и OTC Reporting Facility (ORF), управление которыми закреплено за FINRA.

В случаях отказа от услуг центрального контрагента расчёты проводятся на двусторонней основе без клирингового посредничества. Такие операции реализуются напрямую через DTC или специализированных кастодианов. Часть внебиржевых акций остаётся вне зоны обслуживания инфраструктуры DTCC [6].

1.3. Публикация агрегированных данных регуляторами США: практика SEC и FINRA.

Интеграция клиринговых процедур в единую инфраструктуру создаёт предпосылки для формирования централизованных массивов операционной информации. На этой основе регуляторные институты США выстраивают систему публичной отчётности, обеспечивающую прозрачность рынка при сохранении конфиденциальности участников. Регуляторные ведомства размещают на официальных ресурсах статистические выборки, сформированные из обезличенных данных, полученных от поднадзорных организаций.

Деятельность Комиссии по ценным бумагам и биржам (SEC) в области раскрытия информации реализуется через специализированный раздел SEC and Markets Data. В рамках данного направления публикуются отчёты Registered Fund Statistics, подготовленные на базе агрегированных и анонимизированных сведений из форм N-PORT и иных отчётных документов зарегистрированных инвестиционных компаний.

Ключевые индикаторы, формируемые SEC, охватывают широкий спектр параметров рынка капитала. Основные метрики по акциям и биржевым товарным продуктам (ETP) дифференцируются по показателям капитализации, ценовому диапазону, уровню волатильности и оборачиваемости с использованием децильного и квартильного распределения. Дополнительно публикуются данные по частным фондам (Private Fund Statistics), тенденциям финансирования малого бизнеса (Small Business Capital Trends) и сводки по исполнению ордеров (Order Execution Summary). Финансовые показатели, извлекаемые из отчётности (EPS, инсайдерские сделки, параметры IPO), формируются на основе публичных подач в систему EDGAR (формы 10-K, 10-Q, N-MFP, XBRL-данные).

1.4. Регуляторные особенности клиринга внебиржевых операций в Европейском союзе и Великобритании.

Европейский режим организации внебиржевых сделок базируется на положениях Директивы MiFID II, которая ввела дифференциацию торговых площадок по функциональному признаку [5]. В рамках данной нормативной базы сформированы многосторонние торговые системы

(MTF), доступные для любых классов финансовых инструментов, и организованные торговые площадки (OTF), предназначенные исключительно для негосударственных облигаций, деривативов и иных недолевых инструментов (non-equity instruments). Обращение акций допускается либо на регулируемых биржах, либо в сегменте MTF, либо посредством прямых дилерских операций.

Инфраструктурное обеспечение расчётных процедур в европейском регионе характеризуется высокой степенью централизации. Большинство торговых площадок, включая биржи и MTF, используют услуги центральных контрагентов (ЦК) для минимизации кредитных рисков.

Переход от операционных аспектов к методологии формирования контрольных показателей регулируется на уровне Европейского союза Регламентом (ЕС) 2016/1011 (Benchmarks Regulation, BMR). Регламент выделяет категорию «индексов, основанных на регулируемых данных», формируемых исключительно на основе информации из авторизованных источников: торговых площадок, механизмов публикации данных (APA), консолидированных лент (CTP), механизмов отчётности (ARM) и т.п.

Режим конфиденциальности надзорной информации в ЕС строится на чётком разграничении публичных и закрытых массивов данных. Пост-трейд-информация, раскрываемая в соответствии с требованиями прозрачности MiFIR, имеет общедоступный статус в отличие от транзакционных отчётов. Вследствие данных ограничений регуляторные институты ЕС не осуществляют публикацию или коммерческую реализацию «сырых» надзорных данных; в открытом доступе размещаются исключительно агрегированные статистические выборки, производные показатели (например, ставка €STR), а также официальные реестры и справочные базы [15].

1.5. Особенности клиринговой инфраструктуры и раскрытия данных на рынках Сингапура, Японии, Индии, Китая и Гонконга.

Интеграция азиатско-тихоокеанских финансовых центров в глобальную систему клиринга внебиржевых операций демонстрирует сочетание централизованных механизмов расчётов и гибких подходов к обработке нестандартизированных сделок. Практика данных юрисдикций дополняет ранее рассмотренные модели США и ЕС, формируя комплексное представление о международных стандартах посттрейд-обслуживания.

Фондовый рынок Японии характеризуется доминирующей ролью Токийской фондовой биржи (TSE), где все биржевые операции с акциями в обязательном порядке проходят клиринговую обработку через JSCC с расчётным циклом T+2 [9]. Внебиржевой сегмент обращения акций исторически ограничен и структурирован по двум направлениям. Первое представлено альтернативными электронными площадками (PTS), среди которых крупные операторы (например, SBI Japannext и Cboe Japan PTS) также используют инфраструктуру JSCC для клирингового сопровождения [2]. Второе направление охватывает прямые дилерские сделки, регулируемые нормативными актами Японской ассоциации дилеров по ценным бумагам (JSDA) [8]. Такие операции осуществляются без привлечения центрального контрагента, а расчёты проводятся в двустороннем порядке через Японский центр хранения ценных бумаг (JASDEC).

В Индии регулирование клиринговой деятельности осуществляется SEBI и рядом иных надзорных органов в рамках Закона 42/1956, Правил 1957 и Регламента 2018.

Глава 2 Регламента 2018 устанавливает порядок и требования к кандидату, подающему заявление на выдачу SEBI разрешения (recognition) – заявитель имеет необходимую инфраструктуру для обеспечения своевременного клиринга и расчетов по сделкам.

Платеж и расчет в отношении сделки на фондовой бирже осуществляются клиринговой компанией в соответствии с неттинговой или валовой процедурой, как указано во внутренних правилах фондовой биржи и клиринговой компании с предварительного одобрения SEBI.

В Китае клиринг осуществляют центральные депозитарии. Законом о ценных бумаг Китая установлено, что взаимодействие между инвестором и учреждением по регистрации и клирингу ценных бумаг осуществляется посредством счетов депо. Чтобы подать заявку на открытие счета депо, инвестор должен предоставить юридический сертификат, подтверждающий его личность как гражданина Китая или его статус китайского юридического лица. Таким образом прямые потоки иностранных инвестиций сталкиваются с барьерами по выходу на внебиржевые рынки Китая. Основное взаимодействие с зарубежными инвесторами осуществляется через Гонконг, как хаб между материковым Китаем с юанем и внешним миром с долларом.

Торговая инфраструктура Гонконгской фондовой биржи (SEHK) обслуживается центральным контрагентом Hong Kong Securities Clearing Co (HKSCC). Автоматизированные биржевые сделки обрабатываются в системе непрерывного неттинга (Continuous Net Settlement – CNS), где первоначальные обязательства сторон замещаются обязательствами перед ЦК с последующим зачётом позиций для проведения расчётов в режиме T+2. Параллельно с биржевыми операциями развит сегмент внебиржевых сделок с листинговыми акциями, которые в соответствии с законодательством подлежат немедленной регистрации на бирже. Как правило, такие операции проходят стандартную процедуру клиринга через HKSCC, однако центральный контрагент сохраняет право исключить отдельные сделки из режима замещения обязательств [14].

На основном рынке акций Сингапурской биржи (SGX) функции центрального контрагента и расчётного депозитария консолидированы в рамках Центрального депозитария Сингапура (CDP). Данная структура обеспечивает проведение расчётов с применением неттинга в цикле T+2. Внебиржевые операции допускаются при условии обязательного информирования биржи о совершённой сделке в течение двух рабочих дней [7]. Участие центрального контрагента в таких операциях дифференцируется в зависимости от класса инструмента: с октября 2018 года для отдельных категорий внебиржевых производных финансовых инструментов установлен императив централизованного клиринга. При отсутствии клирингового посредничества CDP осуществляет централизованный учёт позиций и обеспечивает расчёты по механизму «поставка против платежа» (DVP), минимизируя расчётные риски участников [3].

Переход от операционных механизмов к практике раскрытия информации в Сингапуре характеризуется публикацией Денежно-кредитным управлением Сингапура (MAS) агрегированных статистических выборок. В частности, регулятор размещает в свободном доступе сводные таблицы по внебиржевым деривативам (позиции и объёмы), сформированные на основе отчётности, поступающей в лицензированный репозитарий. Указанные материалы доступны бесплатно на официальном портале регулятора с охватом данных до 2020 года. Детализированные транзакционные данные аккумулируются у оператора репозитария (DTCC) и непосредственно у биржи (SGX).

Официальный портал MAS содержит отчётность по ключевым параметрам рынка: среднесуточные объёмы торгов, базовые ценовые индикаторы и уровни доходности, параметры первоначального погашения облигаций, ежедневные котировки государственных ценных бумаг Сингапура (SGS), данные об эмиссии и погашении SGS, результаты аукционов, бенчмарки цен SGS, информация о синдикации и параметры погашения казначейских векселей.

В Японии практика раскрытия информации по внебиржевым деривативам реализуется через механизм, аналогичный сингапурскому: отчётность участников рынка аккумулируется в DTCC Data Repository (Japan), где данные агрегируются и публикуются в формате, согласованном с Агентством финансовых услуг Японии (JFSA). На основании информации, представленной на портале репозитария, клиенты японского рынка получают доступ к сопоставимым сервисам аналитической поддержки. При этом на официальном ресурсе регулятора не размещаются статистические выборки или отчётные материалы по внебиржевому сегменту, а также не публикуются общедоступные индикаторы или бенчмарки, что формирует более закрытую модель распространения надзорной информации по сравнению с практикой Сингапура.

Результаты

Рассмотрим механизмы посттрейд-прозрачности и защиты инвесторов на внебиржевых рынках.

Систематизация клиринговых процедур и практик раскрытия данных в различных юрисдикциях создаёт методологическую основу для анализа инструментов обеспечения прозрачности торговых операций и минимизации инвестиционных рисков. Посттрейд-прозрачность выступает ключевым элементом защиты участников рынка в условиях отсутствия единого биржевого информационного потока, характерного для внебиржевого сегмента.

В американской регуляторной модели информация обо всех сделках с акциями, исполненных вне организованных площадок, подлежит отражению в системах FINRA в режиме, приближенном к реальному времени.

Существенное усиление требований к информационной дисциплине эмитентов произошло вследствие реформы правила 15c2-11 Комиссии по ценным бумагам и биржам США, реализованной в 2020 году. Обновлённая норма установила для маркетмейкеров запрет на публикацию котировок акций компаний, не предоставляющих актуальную публичную отчётность. Компании, проигнорировавшие указанное требование, в 2021 году были переклассифицированы в категорию «серого рынка» (OTC Grey Market), где публичное котирование инструментов не осуществляется [13].

В Европейском союзе и Великобритании директива MiFID II имплементирует императив посттрейд-прозрачности для сделок с акциями независимо от места их исполнения. Механизм реализации данного требования базируется на институте уполномоченных механизмов публикации – специализированных агентов, через которые брокеры раскрывают сведения о внеплощадочных операциях. Нормативные стандарты предписывают раскрытие информации по сделкам стандартного объёма в течение одной минуты, тогда как для крупных блоковых операций допускается отложенная публикация с целью минимизации рыночного воздействия.

Азиатские юрисдикции демонстрируют вариативность подходов к организации информационного обмена. В Японии централизованное раскрытие данных о любых внебиржевых сделках с листинговыми акциями осуществляется через Японскую ассоциацию дилеров по ценным бумагам (JSDA), которая ежедневно публикует агрегированные показатели цен и объёмов. В Гонконге биржа HKEX интегрирует сведения обо всех внебиржевых операциях (off-exchange trades) в свой торговый бюллетень (Trading Bulletin) наравне с биржевыми данными, обеспечивая единое информационное поле [4]. В Сингапуре, напротив, публичное раскрытие информации по таким сделкам ограничено: биржа SGX аккумулирует соответствующую отчётность преимущественно для внутренних надзорных целей, квалифицируя данные операции как транзакции на альтернативных торговых платформах (Alternative Trading Platform, ATP), не подлежащие включению в общедоступные рыночные ленты [12].

Заключение

Проведённый анализ международного опыта организации клиринга внебиржевых акций демонстрирует формирование устойчивых стандартов посттрейд-обслуживания. Несмотря на различия в институциональной архитектуре в таких странах, как США, Великобритании, Сингапура, Китая, Индии и других, они последовательно реализуют принципы централизации расчётных процедур, обязательной отчётности и регулируемой посттрейд-прозрачности.

Прослеживается тенденция, что в странах закрепляется право за пользователями на получение в бесплатном формате базового уровня данных. Более детальные данные же в основном реализуются на коммерческой основе, либо остаются в тайне.

В совокупности рассмотренные практики подтверждают, что эффективность клиринговой инфраструктуры внебиржевого рынка определяется не жёсткой унификацией операционных процедур, а адаптивностью регуляторных требований к уровню развития национальной финансовой системы и соблюдением баланса между прозрачностью, конфиденциальностью и коммерческой целесообразностью. Дальнейшее развитие данного сегмента будет обусловлено расширением применения автоматизированных систем отчётности, углублением трансграничного взаимодействия клиринговых организаций и совершенствованием методологий агрегирования данных, сохраняющих аналитическую ценность при строгом соблюдении установленных ограничений на раскрытие идентифицирующей информации.

Таким образом, расширение степени взаимодействия и интегрированности капиталов стран на фондовых рынках друг друга возможно при повышении эффективности деятельности инфраструктуры внебиржевого контура. Совершенствование инфраструктурных организаций стран БРИКС, в частности, посттрейд-обслуживания в перспективе окажет видимое положительное влияние на приток иностранных инвестиций. Развитие в указанном ключе может рассматриваться не только в качестве альтернативы, но и комплементарно существующим инвестиционным биржевым и внебиржевым решениям в контуре объединения БРИКС.

Литература

1. A Look at Over-the-Counter Equities Trading [Электронный ресурс] // FINRA : официальный сайт Управления по регулированию финансовой индустрии США. – 2024. – 24 апреля. – URL: https://www.finra.org/investors/insights/over-the-counter-equities-trading (дата обращения: 25.03.2026). – Текст : электронный.
2. About JSCC – History [Электронный ресурс] // Japan Securities Clearing Corporation : официальный сайт. – URL: https://www.jpx.co.jp/jscc/en/company/history.html (дата обращения: 25.03.2026). – Текст : электронный.
3. CDP Clearing Rules [Электронный ресурс] // SGX Rulebooks : официальный сайт Сингапурской биржи / The Central Depository (Pte) Limited. – URL: https://rulebook.sgx.com/rulebook/cdp-clearing-rules (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.
4. Compliance Bulletin (Issue No. 9) – (1) Hong Kong Investor Identification Regime ("HKIDR"), (2) Reporting Requirements for Non-Automatch Trades, (3) Pre-trade and Post-trade Controls for Detecting Significant Price Deviation, and (4) Investor Eligibility Requirements [Электронный ресурс] : Ref. No. MSM/009/2023 // HKEX : официальный сайт Гонконгской биржи / The Stock Exchange of Hong Kong Limited. – 2023. – 29 сент. – URL: https://www.hkex.com.hk/-/media/HKEX-Market/Services/Circulars-and-Notices/Participant-and-Members-Circulars/SEHK/2023/2023-Q3-Compliance-Bulletin_Eng.pdf (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.
5. Directive 2014/65/EU of the European Parliament and of the Council of 15 May 2014 on markets in financial instruments and amending Directive 2002/92/EC and Directive 2011/61/EU (MiFID II) [Электронный ресурс] // ESMA : официальный сайт Европейского управления по ценным бумагам и рынкам. – 2014. – 15 мая. – URL: https://www.esma.europa.eu/publications-and-data/interactive-single-rulebook/mifid-ii (дата обращения: 25.03.2026). – Текст : электронный.
6. FINRA Requests Comment on Its Policy Relating to the Assignment of OTC Symbols to Unlisted Equity Securities [Электронный ресурс] : Regulatory Notice 21-32 // FINRA : официальный сайт Управления по регулированию финансовой индустрии США. – 2021. – 14 сент. – URL: https://www.finra.org/rules-guidance/notices/21-32 (дата обращения: 26.03.2026). – Текст : электронный.
7. Guidelines to the Securities and Futures (Reporting of Derivatives Contracts) Regulations 2013 [Электронный ресурс] : Guideline No. SFA 06A-G01 / Monetary Authority of Singapore. – 2024. – 31 мая. – URL: https://www.mas.gov.sg/-/media/mas/regulations-and-financial-stability/regulations-guidance-and-licensing/securities-futures-and-fund-management/regulations-guidance-and-licensing/guidelines/guidelines-to-the-securities-and-futures-reporting-of-derivatives-contracts-regulations_31-may-2024.pdf (дата обращения: 26.03.2026). – Текст : электронный.
8. JSDA Rules [Электронный ресурс] // Japan Securities Dealers Association : официальный сайт. – URL: https://www.jsda.or.jp/en/rules-guidelines/rules/ (дата обращения: 28.03.2026). – Текст : электронный.
9. MAS Requires OTC Derivatives to be Centrally Cleared to Mitigate Systemic Risk [Электронный ресурс] : Media Release / Monetary Authority of Singapore. – 2018. – 2 мая. – URL: https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2018/mas-requires-otc-derivatives-to-be-centrally-cleared-to-mitigate-systemic-risk (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.
10. New "T+1" Settlement Cycle – What Investors Need To Know: Investor Bulletin [Электронный ресурс] // Investor.gov : официальный сайт Комиссии по ценным бумагам и биржам США / Office of Investor Education and Advocacy. – 2024. – 27 марта. – URL: https://www.investor.gov/introduction-investing/general-resources/news-alerts/alerts-bulletins/investor-bulletins/new-t1-settlement-cycle-what-investors-need-know-investor-bulletin (дата обращения: 28.03.2026). – Текст : электронный.
11. Over-The-Counter (OTC) Securities [Электронный ресурс] // Investor.gov : официальный сайт Комиссии по ценным бумагам и биржам США. – URL: https://www.investor.gov/introduction-investing/investing-basics/glossary/over-counter-otc-securities (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.
12. SGX Market Data Policy [Электронный ресурс] // Singapore Exchange Limited : официальный сайт. – URL: https://www.sgx.com/data-connectivity/sgx-market-data-policy (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.
13. Securities and Exchange Commission Adopts Amendments to Enhance Retail Investor Protections and Modernize the Rule Governing Quotations for Over-the-Counter Securities [Электронный ресурс] : Press Release 2020-212 / U.S. Securities and Exchange Commission. – 2020. – 16 сент. – URL: https://www.sec.gov/newsroom/press-releases/2020-212 (дата обращения: 15.04.2026). – Текст : электронный.
14. Settlement – Securities [Электронный ресурс] // HKEX : официальный сайт Гонконгской биржи / Hong Kong Securities Clearing Company Limited. – URL: https://www.hkex.com.hk/Services/Settlement-and-Depository/Settlement?sc_lang=en (дата обращения: 25.03.2026). – Текст : электронный.
15. The role of Nominated Advisers (NOMADS) [Электронный ресурс] // AIM Listing : информационный портал о листинге на рынке AIM. – URL: https://www.aimlisting.co.uk/nomads/ (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.
16. World Bank Open Data. (2026). [Электронный ресурс] // URL: https://data.worldbank.org/ (дата обращения: 03.04.2026)

Features of the operational architecture of over-the-counter trading in countries around the world and their impact on investment flows

Evdokimov A.D.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines such features of the OTC trading infrastructure in various countries of the world as the experience of organizing OTC trading clearing, publishing aggregated data, and post-trade transparency. The author draws attention to the impact of the over-the-counter market and related research subjects on changes in the volume of foreign investment in the EU, BRICS and individual countries, in particular, the United States. The strategic importance of the integration of the countries' stock markets as one of the factors contributing to the positive dynamics of FDI growth is emphasized. The author has conducted a comparative analysis of investment indicators in the countries under consideration and regulatory features. The author concludes that it is necessary to expand the degree of interaction and integration of countries' capitals in each other's stock markets by increasing the efficiency of the OTC circuit infrastructure. The researcher has made a recommendation to consider the possibilities of access to over-the-counter trading in the BRICS countries in order to promote the economic development of the association.

Keywords: FDI, global economy, India, China, EU, USA, OTC market, clearing, regulation.

References

1. A Look at Over-the-Counter Equities Trading [Electronic resource] // FINRA : official website. – 2024. – April, 24. – Access mode: https://www.finra.org/investors/insights/over-the-counter-equities-trading (date of application: 03/25/2026).
2. About JSCC – History [Electronic resource] // Japan Securities Clearing Corporation : official website. – Access mode: https://www.jpx.co.jp/jscc/en/company/history.html (date of application: 03/25/2026).
3. CDP Clearing Rules [Electronic resource] // SGX Rulebooks : Singapore Exchange official website / The Central Depository (Pte) Limited. – Access mode: https://rulebook.sgx.com/rulebook/cdp-clearing-rules (date of application: 04/03/2026).
4. Compliance Bulletin (Issue No. 9) – (1) Hong Kong Investor Identification Regime ("HKIDR"), (2) Reporting Requirements for Non-Automatch Trades, (3) Pre-trade and Post-trade Controls for Detecting Significant Price Deviation, and (4) Investor Eligibility Requirements [Electronic resource] : Ref. No. MSM/009/2023 // HKEX : official website / The Stock Exchange of Hong Kong Limited. – 2023. – Sept., 29. – Access mode: https://www.hkex.com.hk/-/media/HKEX-Market/Services/Circulars-and-Notices/Participant-and-Members-Circulars/SEHK/2023/2023-Q3-Compliance-Bulletin_Eng.pdf (date of application: 04/03/2026).
5. Directive 2014/65/EU of the European Parliament and of the Council of 15 May 2014 on markets in financial instruments and amending Directive 2002/92/EC and Directive 2011/61/EU (MiFID II) [Electronic resource] // ESMA : official website of the European Securities and Markets Authority. – 2014. – May, 15. – Access mode: https://www.esma.europa.eu/publications-and-data/interactive-single-rulebook/mifid-ii (date of application: 03/25/2026).
6. FINRA Requests Comment on Its Policy Relating to the Assignment of OTC Symbols to Unlisted Equity Securities [Electronic resource] : Regulatory Notice 21-32 // FINRA : official website. – 2021. – Sept., 14. – Access mode: https://www.finra.org/rules-guidance/notices/21-32 (date of application: 03/26/2026).
7. Guidelines to the Securities and Futures (Reporting of Derivatives Contracts) Regulations 2013 [Electronic resource] : Guideline No. SFA 06A-G01 / Monetary Authority of Singapore. – 2024. – May, 31. – Access mode: https://www.mas.gov.sg/-/media/mas/regulations-and-financial-stability/regulations-guidance-and-licensing/securities-futures-and-fund-management/regulations-guidance-and-licensing/guidelines/guidelines-to-the-securities-and-futures-reporting-of-derivatives-contracts-regulations_31-may-2024.pdf (date of application: 03/26/2026).
8. JSDA Rules [Electronic resource] // Japan Securities Dealers Association : official website. – Access mode: https://www.jsda.or.jp/en/rules-guidelines/rules/ (date of application: 03/28/2026).
9. MAS Requires OTC Derivatives to be Centrally Cleared to Mitigate Systemic Risk [Electronic resource] : Media Release / Monetary Authority of Singapore. – 2018. – May, 2. – Access mode: https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2018/mas-requires-otc-derivatives-to-be-centrally-cleared-to-mitigate-systemic-risk (date of application: 04/01/2026).
10. New "T+1" Settlement Cycle – What Investors Need To Know: Investor Bulletin [Electronic resource] // Investor.gov : the official website of the U.S. Securities and Exchange Commission / Office of Investor Education and Advocacy. – 2024. – March, 27. – Access mode: https://www.investor.gov/introduction-investing/general-resources/news-alerts/alerts-bulletins/investor-bulletins/new-t1-settlement-cycle-what-investors-need-know-investor-bulletin (date of application: 03/28/2026).
11. Over-The-Counter (OTC) Securities [Electronic resource] // Investor.gov : the official website of the U.S. Securities and Exchange Commission. – Access mode: https://www.investor.gov/introduction-investing/investing-basics/glossary/over-counter-otc-securities (date of application: 04/01/2026).
12. SGX Market Data Policy [Electronic resource] // Singapore Exchange Limited : official website. – Access mode: https://www.sgx.com/data-connectivity/sgx-market-data-policy (date of application: 04/01/2026).
13. Securities and Exchange Commission Adopts Amendments to Enhance Retail Investor Protections and Modernize the Rule Governing Quotations for Over-the-Counter Securities [Electronic resource] : Press Release 2020-212 / U.S. Securities and Exchange Commission. – 2020. – Sept., 16. – Access mode: https://www.sec.gov/newsroom/press-releases/2020-212 (date of application: 04/15/2026).
14. Settlement – Securities [Electronic resource] // HKEX : official website / Hong Kong Securities Clearing Company Limited. – Access mode: https://www.hkex.com.hk/Services/Settlement-and-Depository/Settlement?sc_lang=en (date of application: 03/25/2026).
15. The role of Nominated Advisers (NOMADS) [Electronic resource] // AIM Listing : information portal about listing on the AIM market. – Access mode: https://www.aimlisting.co.uk/nomads/ (date of application: 04/02/2026).
16. World Bank Open Data. (2026). [Electronic resource] // Access mode: https://data.worldbank.org/ (date of application: 04/03/2026).

Роль электронных торговых платформ Китая в трансформации международной торговли в условиях цифровизации

Заболоцкая Виктория Викторовна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры международного бизнеса, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, VVZabolotskaya@fa.ru,

Мухамеджанова Ирада Икрамовна
студент бакалавриата направления обучения «Экономика» (программа «Мировая экономика и торговля (с углубленным изучением экономики Китая и китайского языка»)), кафедра международного бизнеса, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, mii190604@yandex.ru

Статья посвящена исследованию роли электронных торговых платформ Китая в трансформации международной торговли в условиях растущей цифровизации. *Цель исследования* заключается в выявлении механизмов функционирования, благодаря которым китайские платформы стали самостоятельной инфраструктурой трансграничного обмена товарами и стимулом для трансформации глобальной торговли. *Научная новизна исследования* заключается в уточнении роли электронных торговых платформ Китая и оценке степени их влияния на ведение международного торгового бизнеса в условиях их экспансии на рынке глобальных маркетплейсов и активного внедрения цифровых клиентоориентированных технологий и продуктов по управлению спросом и предложением, оптимизации издержек и привлечения покупателей по всему миру. *Методологическую основу* составили системный, сравнительный, структурно-функциональный и статистический виды анализа. *Результаты и выводы:* Авторами исследования детерминированы ключевые преимущества, барьеры и ограничения китайских электронных торговых платформ в ближайшей перспективе. Установлено, что технологически развитые электронные торговые платформы Китая – самостоятельная цифровая инфраструктура международной торговли с доминированием экспортного сегмента, изменяющая механизмы выхода компаний на внешний рынок, структуру трансграничных сделок и распределение функций между участниками внешнеторгового обмена товарами. Китайские платформы на современном этапе меняют организацию, скорость и конкурентные стратегии и логику международной торговли для наращивания своей доли в глобальной электронной торговле.

Ключевые слова: Китай, международная торговля, трансграничная электронная торговля, платформенная экономика, электронные торговые платформы, цифровые трансграничные платежи.

Введение

Трансформация международной торговли в последние годы в большей степени связана с развитием электронных торговых платформ (далее – ЭТП) в условиях цифровизации, которые перестали быть дополнительным каналом реализации товаров и превратились в самостоятельный механизм организации внешнеторговых операций. В платформенной среде в одном цифровом контуре объединяются продавцы, покупатели, платежные сервисы, логистические операторы, инструменты продвижения и процедуры урегулирования претензий. Именно поэтому ЭТП все чаще выступают не посредником купли-продажи товаров, а координатором рыночных процессов, задающим правила доступа, стандарты сделки и параметры конкурентного поведения участников. Для международной торговли на современном этапе ее развития эти процессы приводят к снижению транзакционных издержек бизнеса, ускоряют вывод товара на внешний рынок, а качество исполнения сделки начинает зависеть не только от цены, но и от точности товарных данных, скорости доставки, качества платежного сервиса и алгоритмической видимости предложения внутри площадки.

В научных публикациях проблемам международной торговли активно возрастает научный интерес к проблематике эволюции и развития цифровых платформ и электронной торговли. В.П. Бауэр с соавторами рассматривает цифровые платформы как инструмент для трансформации мировой и российской экономики, подчеркивая их системное значение для перестройки хозяйственных связей и современной экономической архитектуры международной и внешней торговли [2]. А.С. Юхно выделил особенности развития цифровых платформ в условиях трансформации современной экономики и определил, что платформенная модель ведения международного бизнеса становится устойчивым механизмом организации экономического взаимодействия [10]. В.В. Ерёминым изучено правовое регулирование торговой деятельности с использованием цифровых форматов, акцентируя внимание на институциональных условиях функционирования платформенной торговли [4]. А.А. Артемьев, Е.Ю. Сидорова в своем исследовании уделяли внимание особенностям налогообложения электронной торговли товарами, находящимся на таможенных складах в ЕАЭС [1]. Л.В. Крылова детерминировала возможности использования цифровых валют при осуществлении трансграничных платежей и электронной торговли в условиях санкций [5].

Вместе с тем, анализ указанных публикаций показал, что научный фокус представленных исследований был сосредоточен на общих вопросах цифровой трансформации мировой торговли и международного бизнеса, особенностях развития цифровых платформ, правовом регулировании цифровых форматов торговли и налоговом сопровождении электронной торговли и трансграничных платежей.

Однако роль электронных торговых платформ Китайской народной республики (КНР) в трансформации международной торговли и внешней торговли стран остается недостаточно изученной. В частности, фрагментарно раскрыты механизмы, через которые китайские платформы влияют на структуру трансграничной сделки участников ВЭД, а также на интеграцию логистических сервисов, платежных решений, таможенного сопровождения и цифровых инструментов продвижения товаров, что в итоге отражается на конкурентном балансе глобального рынка электронной торговли.

Научная новизна исследования заключается в выявлении и уточнении роли электронных торговых платформ Китая и оценке степени их влияния на ведение международного торгового бизнеса в условиях их экспансии на рынке глобальных маркетплейсов и активного внедрения цифровых клиентоориентированных технологий и продуктов по управлению спросом и предложением, оптимизации издержек и привлечения покупателей по всему миру.

Цель исследования состоит в выявлении роли электронных торговых платформ Китая в трансформации международной торговли в условиях ускорения процессов цифровизации и трансформации системы международных расчетов.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу составили системный, сравнительный и структурно-функциональный, а также статистических анализ. Они в совокупности позволили рассмотреть динамику электронной торговли КНР, выявить преимущества и недостатки ЭТП, а также осуществить их сравнение с традиционными моделями торговли.

Эмпирическую базу сформировали данные о динамике трансграничной торговли Китая за 2020–2025 гг., географической структуре экспортно-импортных потоков КНР и показателях крупнейших мировых платформ.

Анализ динамики развития, роли и влияния электронных торговых платформ Китая на трансформацию международной торговли в условиях цифровизации

На современном этапе развития международного бизнеса электронная торговая платформа (ЭТП) рассматривается как многосторонняя цифровая система, обеспечивающая взаимодействие продавцов, покупателей, платежных и логистических сервисов в рамках единых правил доступа, обмена данными и исполнения сделки. ЭТП, напротив, представляет собой организационную форму, внутри которой сделка проходит по стандартизированным цифровым процедурам [9]. Платформа обеспечивает идентификацию участников, устанавливает требования к карточке товара, интегрирует платежную инфраструктуру, логистику и процедуры возврата, формирует систему рейтингов и отзывов, а также определяет порядок разрешения спорных ситуаций.

В отличие от Интернет-магазина, где действует один продавец и один канал предложения, платформа формирует цифровой рынок для множества участников. Ее ценность для пользователей возрастает по мере расширения ассортимента, числа продавцов, надежности сервисного контура и накопления данных о поведении спроса.

В таблице 1 представлены виды электронных торговых платформ, их ключевые преимущества и недостатки при ведении международной торговли.

Как видно из таблицы 1, электронные торговые платформы различаются не только по составу участников, но и по глубине сервисной интеграции, степени стандартизации операций и прикладному значению для внешнеторговой деятельности.

Таблица 1

Виды электронных торговых платформ, их ключевые преимущества и недостатки при ведении международной торговли

Вид платформы / бизнес- модель	Основные функции	Преимущества	Недостатки
Универсальная B2C-платформа / профессиональ-ные продавцы – массовые покупатели	каталог товаров, платежи, реклама, доставка, возвраты, рейтинги	– быстрый выход на внешний потребительский спрос; – широкий географический охват аудитории; – стандартизация процессов продажи и обслуживания	– высокая ценовая конкуренция; – зависимость продавца от правил и алгоритмов платформы
B2B-платформа / компания – компания	запросы котировок, спецификации, контрактный документооборот, контроль партий	– снижение издержек поиска контрагентов; упрощение заключения оптовых и долгосрочных сделок; – возможность более детального согласования условий поставки	– длительный цикл заключения сделки; – высокая зависимость от достоверности верификации контрагентов и контрактов
C2C-платформа / частный продавец – частный покупатель	размещение объявлений, безопасная сделка, чат, рейтинг	– развитие вторичного рынка товаров в трансграничной среде; – расширение доступа к нишевым и редким товарам; – низкий порог входа для участников	– повышенные риски несоответствия качества товаров его описанию; – ограниченные возможности для гарантийного обслуживания и возврата
Экосистемная платформа / многосторонняя цифровая среда	торговля, финтех, логистика, аналитика, продвижение, кредитование	– снижение входных барьеров для экспорта; –ускорение масштабирования продаж за счет единой сервисной среды; – комплексная поддержка внешнеторговых операций	– усиление зависимости продавца от инфраструктуры одной платформы; – рост комиссионной и алгоритмической зависимости бизнеса
Отраслевая специали-зированная платформа / профессиональные участники одного сектора	отраслевая верификация, сертификация, профильный поиск, интеграция с ERP	– оптимальное согласование спроса и предложения в рамках конкретного отраслевого сегмента; – учет профессиональных стандартов и требований к сертификации; – снижение издержек поиска поставщиков и покупателей	– более узкая целевая аудитория; – высокая зависимость от конъюнктуры конкретного отраслевого рынка

Источник: составлено авторами

Для международной торговли наибольшее значение имеют универсальные B2C- и экосистемные платформы, поскольку именно они обеспечивают сочетание массового доступа к спросу, встроенных платежных решений, логистического сопровождения и инструментов цифрового продвижения.

В свою очередь, B2B- и отраслевые платформы особенно важны в сегментах, где решающую роль играют спецификация товара, документальное сопровождение и устойчивость контрактных связей.

Экономическая роль ЭТП в международной торговле раскрывается через 3 взаимосвязанных механизма: обеспечения формирования справедливого спроса и предложения в одном цифровом пространстве платформ, за счет чего снижаются издержки поиска контрагентов и значительно упрощается процесс доступ компаний к внешнему рынку; стандартизации операций, которая заключается в том, что в рамках функционирования платформ реализованы единые форматы данных, шаблоны карточек товара, правила оплаты и доставки, что сокращают число ошибок и повышает предсказуемость сделки в трансграничной среде; аккумулировании и обработки массивов данных (*Big Data*) о спросе, ценах, возвратах и логистике, что позволяет улучшать ранжирование и коммерческих инструментов торговли для продавцов о товарах и покупателях, а также предоставляет возможности по ускорению процессов выработки или структурных изменений стратегий торговли.

Роль и место КНР в трансформации международной торговли в глобальной условиях цифровизации

Китайские электронные торговые платформы не только заняли крупнейший по масштабам сегмент глобальной электронной торговли, но и стали источником институциональных, организационных, технологических и цифровых решений, которые затем начали влиять на глобальные стандарты трансграничного обмена товарами и осуществлении международных платежей. Развитие ЭТП в Китае носит системный характер и определяется не отдельным технологическим фактором, а согласованным действием инфраструктурных, институциональных и поведенческих условий [6; 7].

Ключевыми драйверами для ускоренного развития электронной платформенной торговли выступают: масштабная государственная поддержка цифровизации и высокая цифровая вовлеченность населения; наличие высокобортного Интернета (5G) и высокий уровень Интернет-покрытия (свыше 90%) в стране; развитые системы цифровые и мобильные платежи, в т.ч. с применением цифровых валют (например, цифрового юаня); и наконец, благоприятная экосистемная модель крупных площадок, включающая развитие механизмов международной электронной торговли: live-commerce (продажи через прямые эфиры), использование интеллектуальных алгоритмов персонализации клиентов и товаров, формирование клиентоориентированных условий для трансграничной электронной торговли и оптимизация каналов логистики поставок товаров с применением искусственного интеллекта.

В КНР платежный интерфейс ЭТП способствует снижению барьеров завершения заказа и ускорению оборота средств продавцов [8]. Большинство крупных ЭТП Китая интегрированы с национальными цифровыми платежными сервисами – Alipay и WeChat Pay. В трансграничном сегменте дополнительно используются решения UnionPay, а также инструменты международного карточного эквайринга, включая Visa и Mastercard, что расширяет возможности обслуживания зарубежных покупателей [12].

Не менее важным фактором ускоренного развития ЭТП стала оптимизация инфраструктуры, механизмов и инструментов логистики в КНР. ЭТП Китая активно развивали складскую и транспортную инфраструктуру не постфактум, а одновременно с ростом спроса. Получившие развитие в Китае автоматизированные распределительные центры, роботизированные склады, цифровой контроль маршрутов и технологии последней мили (оптимизации маршрутов, автоматизация сортировки, постаматы, курьерские сервисы, системы отслеживания заказа в реальном времени и иные инструменты, направленные на сокращение сроков и повышение точности доставки) повысили скорость и предсказуемость исполнения заказов [13].

Сильной стороной китайской модели платформенной торговли является экосистемность. заключающуюся в свойстве платформ функционировать как единая цифровая среда, объединяющая торговые, платежные, логистические, маркетинговые, аналитические и финансовые сервисы, взаимосвязанные в рамках одного интерфейса и общей инфраструктуры взаимодействия с пользователем [3]. Так, например, *Alibaba, JD.com, Pinduoduo* и другие крупные игроки предлагают продавцу не просто витрину, а целый набор сопряженных сервисов: *FinTech*, рекламу, аналитику, управление заказами, облачную инфраструктуру и, в ряде случаев, кредитование. Экосистема платформенной торговли в КНР

позволяет: снизить входные барьеры для малого и среднего бизнеса; ускорить запуск продаж и удерживать пользователя внутри одной цифровой среды и получить экспортёром относительно завершенного набора решений при ведении международной торговли без необходимости самостоятельного выстраивания всего сервисного контура.

Благоприятная экосистема, развитая технологическая база китайских платформ и активное применение цифровых технологий формируют их устойчивое *международное конкурентное преимущество* на мировой арене, приведшая к росту в 1,62 раза трансграничных потоков (табл. 2). Наибольшее значение здесь имеют решения в сфере интеллектуальной логистики, цифровых платежей, алгоритмической персонализации, *live-commerce* и социальной коммерции [13]. Эти важные элементы экосистемы электронных платформ в Китае работают не изолированно друг от друга, а как единая операционная система. Интеллектуальная логистика сокращает сроки доставки и повышает точность комплектации; цифровые платежи формируют основу быстрых транзакций; алгоритмическая персонализация и *live-commerce* изменяют способ формирования спроса. Это позволило превратить ЭТП превратить в один из крупнейших каналов внешнеторгового оборота Китая.

Таблица 2

Динамика трансграничной электронной торговли КНР через электронные платформы в 2020–2025 гг.

Год	Объем операций, трлн юаней	Темпы прироста, %
2020	1,69	–
2021	1,98	17,16
2022	2,10	6,06
2023	2,38	13,3
2024	2,71	13,9
2025	2,75*	1,5

**предварительные данные*

Источник: рассчитано авторами по [11; 13]

Как видно из таблицы, за 2020–2025 гг. сегмент трансграничной электронной торговли КНР увеличился более, чем на 62%, а сам цифровой канал внешней торговли перешел от стадии ускоренного роста к стадии институционального закрепления. Однако после преодоления отметки в 2 трлн юаней в 2022 г. данный сегмент платформенной экономики КНР не вошел в фазу краткосрочной стагнации, что можно связать с влиянием пандемии COVID-19, поскольку в условиях распространения коронавируса по миру, многие страны закрыли свои границы для товаров из Китая после его вспышки в г. Ухань. Напротив, в 2023–2024 гг. произошло удвоение темпов прироста торговли, что свидетельствует не об отмене действия краткосрочных конъюнктурных факторов (например, локдаун стран, политики нулевой терпимости в КНР), а скорее о накоплении инфраструктурного ресурса [11], т.е. мировой рынок характеризуется в последние годы ростом популярности онлайн-покупок, расширением количества и функционала пилотных зон трансграничной торговли (специальные территории / города, в которых в экспериментальном порядке внедряются меры государственной поддержки трансграничной ЭТП), развитием логистических узлов, ростом количества зарубежных складов, расширением цифровых платежных инструментов и сервисов таможенного сопровождения.

Трансграничная электронная торговля КНР остается экспортноориентированной [11]. Такая асимметрия показывает, что китайские платформы выступают не только средством внутреннего потребления импортных товаров, но, прежде всего, инструментом вывода китайской продукции на внешние рынки зарубежных стран.

Таблица 3

Доля ключевых стран-партнеров в трансграничных операциях Китая через электронные платформы, %

Страна	2022		2024		2025 (I кв.)	
	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт	Экспорт	Импорт
США	34,3	17,9	36,2	15,8	28,4	14,7
Великобритания	6,5	–	11,7	–	8,3	–
Германия	4,6	–	5,7	9,8	5,5	10,2

Источник: составлено авторами по [11; 13]

Страновая структура трансграничного сегмента (табл. 3) показывает, что китайские платформы сохраняют высокую зависимость от крупнейших западных рынков. В экспортной географии, как видно из данных таблицы, доминируют США: их доля выросла с 34,3% в 2022 г. до 36,2 % в 2024 г., а в I полугодии 2025 г. снизилась до 28,4%. Это связано с началом тарифных войн США в отношении КНР. В европейском сегменте заметно усилилась доля Великобритании: ее доля выросла с 2022 г. 6,5% до 11,7% в 2024 г. Германия сохранила стабильное положение в тройке лидеров, сохранив позицию КНР как источника поставок товаров.

Товарная структура экспортно-импортных операций китайских ЭТП имеет ярко выраженный потребительский характер. Основную массу экспорта / импорта составляют массовые потребительские категории: одежда, обувь, электроника, товары для дома, косметика, бытовая техника и др. [13]. Для данных товарных групп ключевое значение имеют скорость доставки, цена, визуальное качество карточки товара, видимость предложения и возможность быстро обрабатывать возвраты.

Развитие китайских ЭТП влияет не только на объем трансграничной торговли КНР, но и на распределение сил на рынке глобальных маркетплейсов (табл. 4).

Как видно, из таблицы 4, основная конкурентная борьба в мире в сегменте глобальных маркетплейсов развернулась между США и Китаем. Среди топ-5 крупнейших платформ мира наиболее ярким примером выступает Temu (владелец PDD Holdings Inc.), доля которой в мировых трансграничных онлайн-продажах выросла с уровня менее 1% в 2022 г. до 24% к 2025 г. Фактически за короткий период данная цифровая платформа фактически приблизилась к Amazon, сохранившей около 25% рынка. Shein, принадлежащая в настоящее время сингапурской компании Roadget Business Pte. (ранее – гонконгской Zoetop Business Co., Ltd.), на протяжении 4 лет удерживала сильные позиции в сегменте "Ultra-fast fashion". AliExpress, несмотря также продолжает оставаться крупнейшим игроком глобального трансграничного e-commerce.

Таблица 4

Рыночные доли и фаза жизненного цикла крупных платформ в мировых трансграничных онлайн-продажах в 2025 г.

Платформа (модель платформы)	Доля, %	Фаза жизненного цикла
Amazon (США) (глобальный маркетплейс B2C/B2B2C)	25	спад
Temu (КНР) (трансграничный маркетплейс B2C)	24	ускоренный рост
Shein (Сингапур) (высокогибридная модель прямых продаж (DTC) и глобальный маркетплейс)	9	стабилизация
AliExpress (КНР) (Трансграничный маркетплейс B2C)	8	спад
eBay (США) (Глобальный маркетплейс C2C/B2C)	5	длительный спад

Источник: составлено авторами

Однако несмотря на такие положительные результаты, экспансия ЭТП Китая неизбежно будет сталкиваться с ***внешними барьерами*** и ***ограничителями***: усилением конкуренции со стороны других глобальных маркетплейсов США; локальными ограничениями на деятельность зарубежных платформ со стороны других стран; различием законодательства в области цифровой безопасности и качеству товаров стран; ростом требований к сертификации товаров и трекинга поставок; санкционным влиянием на международные расчеты. *Дополнительные барьеры* для ЭТП Китая, связаны с тем, что их масштабирование опирается на большие массивы данных и алгоритмическое управление спросом. С одной стороны, это повышает точность предложения и снижает издержки. С другой стороны, у компании-оператора ЭТП аккумулируется значительный объем рыночной информации, что усиливает ее возможности манипуляции рынком и увеличивает экономическую власть над продавцами.

Немаловажным также является и изменение потребительского поведения в международной торговле. Для конечного покупателя ЭТП минимизируют дистанцию между спросом и предложением: выбор товара, сравнение цен, проверка отзывов, общение с продавцом, оплата и отслеживание поставки происходят в едином интерфейсе. Это повышает вероятность совершения покупки и усиливает склонность к импульсному потреблению, особенно в таких сегментах, как одежда, косметика, товары для дома и электроника. Как следствие, современная международная торговля все больше приобретает свойства обычного повседневного потребления, только перенесенного в трансграничную среду. Дополнительный эффект от влияния потребительских предпочтений в условиях цифровизации связан с изменением структуры международной конкуренции.

На глобальных ЭТП соперничество идет не только по цене, но и по скорости исполнения заказа, качеству карточки товара, полноте визуального контента, точности описаний, доле возвратов и качеству коммуникации с покупателем. Продавец конкурирует уже не исключительно как производитель товара, а как участник цифровой экосистемы, который

должен поддерживать репутацию, операционную дисциплину и способность быстро адаптироваться к изменениям алгоритмов.

Таким образом, по результатам исследования были получены следующие выводы.

1. ЭТП Китая выступают не просто каналом онлайн-продаж, а самостоятельной инфраструктурой международной торговли. Их роль определяется способностью объединять в одном цифровом контуре продавцов, покупателей, платежные сервисы, логистику, инструменты продвижения и механизмы разрешения споров. Благодаря этому ЭТП снижают транзакционные издержки, ускоряют выход компаний на внешний рынок и повышают управляемость трансграничной сделки.

2. Быстрый рост китайского платформенного сектора обеспечен сочетанием нескольких взаимосвязанных факторов: развитых цифровых платежей, логистической модернизации, экосистемной модели крупных площадок, государственной поддержки и высокой цифровой вовлеченности населения. Именно сочетание и согласованность этих факторов позволили китайским электронным платформам сохранить доминирование на внутреннем рынке Китая, но и последовательно расширять международное присутствие и выйти на лидирующие позиции в мире наравне с США.

3. Проведенный анализ динамики и эффективности трансграничной электронной торговли КНР за 2020–2025 гг. подтвердил факт их устойчивой экспансии и выраженную экспортную направленность, а его география демонстрирует устойчивую зависимость от рынков США и Европы (Великобритании, Германии).

Заключение

Практическая значимость и перспективы дальнейших системных исследований по адаптация передового опыта Китая в этой сфере международной торговли для других стран, в т.ч. и России, связаны с оценкой устойчивости этой модели международного бизнеса в условиях санкционного давления, регуляторных ограничений и изменения системы международных расчетов.

Литература

1. Артемьев А.А., Сидорова Е.Ю. НДС при реализации физическим лицам товаров электронной торговли, находящихся в ЕАЭС на таможенных складах // Финансы: теория и практика. – 2024. – Т. 28, № 3. – С. 43–51. – DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-3-43-51.
2. Бауэр В.П. Цифровые платформы как инструмент трансформации мировой и российской экономики в 2021–2023 годах / В. П. Бауэр, В. В. Еремин, В. В. Смирнов // Экономика. Налоги. Право. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 41–51. – DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-1-41-51.
3. Берг Т.И. Экосистемная парадигма и цифровые инновации конкурентоспособности электронной торговли / Т.И. Берг, В.С. Шаров, Е.В. Белоногова // Экономика, предпринимательство и право. – 2026. – Т. 16, № 1. – С. 481–500. – DOI: 10.18334/epp.16.1.124442.
4. Еремин В.В. Правовое регулирование торговой деятельности с использованием цифровых форматов // Экономика. Налоги. Право. – 2024. – Т. 17, № 5. – С. 157–165. – DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-5-157-165.
5. Крылова Л.В. Возможность использования цифровых валют для трансграничных платежей в условиях санкций // Финансы: теория и практика. – 2024. – Т. 28, № 2. – С. 101–111. – DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-2-101-111.
6. Меньшикова Е.С. Цифровая трансформация как часть внешнеполитической стратегии КНР // Мировая политика. – 2025. – № 2. – С. 36–61. – DOI: 10.25136/2409-8671.2025.2.73877.
7. Мэн Л. Сравнительный анализ моделей развития цифровой экономики в Китае и России / Л. Мэн // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 923–942. – DOI: 10.18334/vinec.14.3.121364.
8. Николаева А.Ю. Рынок электронных платежных систем в Китае // Экономика и парадигма нового времени. – 2024. – № 12. – С. 5–10.
9. Стрелец И.А., Чебанов С.В. Цифровизация мировой торговли: масштабы, формы, последствия // Мировая экономика и международные отношения. – 2020. – Т. 64, № 1. – С. 15–25. – DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-1-15-25.
10. Юхно А.С. Особенности развития цифровых платформ в условиях трансформации современной экономики // Экономика. Налоги. Право. – 2025. – Т. 18, № 6. – С. 60–71. – DOI: 10.26794/1999-849X-2025-18-6-60-71
11. Brancaccio L. China's Cross-Border E-Commerce: 2023 Performance and 2024 Outlook // China Briefing. – 2024. – 20 Feb. – URL: https://www.china-briefing.com/news/chinas-cross-border-e-commerce-2023-performance-and-2024-outlook/ (date of access: 12.05.2026).
12. Hu H. China CBEC (Cross-Border E-Commerce) 2025 Guide: Trends, Platforms and Strategies // Gate Kaizen. – 2025. – 1 May. – URL: https://gatekaizen.com/china-cbec-cross-border-e-commerce-2025-guide-trends-platforms-strategies/ (date of access: 12.05.2026).
13. China – Trade Financing [Electronic resource] // International Trade Administration, U.S. Department of Commerce. – 2025. – 25 Sept. – URL: https://www.trade.gov/country-commercial-guides/china-trade-financing (date of access: 13.05.2026).

The role of electronic trading platforms in China in the international trade transformation in the context of digitalization

Zabolotskaya V.V., Mukhamedzhanova I.I.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The scientific article is devoted to the study of the role of China's electronic trading platforms in the transformation of international trade under growing digitalization. *The purpose of the study* is to identify the functioning mechanisms through which Chinese platforms have become an independent infrastructure for cross-border exchange of goods and a driver of the transformation of Global trade. *The scientific novelty* lies in clarifying the role of China's electronic trading platforms and assessing the extent of their influence on International trade business models in the context of their expansion in the Global marketplace sector and the introduction of customer-oriented digital technologies and products aimed at managing supply and demand, optimizing expenses, and attracting consumers over Worldwide. *The methodological framework of the study* includes systemic, comparative, and structural-functional methods, as well as statistical analysis. *Results and conclusions*: Authors identify the key advantages, barriers, and limitations of Chinese electronic trading platforms in the short-term, as well as established that technologically advanced Chinese electronic trading platforms represent an independent digital infrastructure of International trade with a dominant export segment, transforming the mechanisms by which companies enter foreign markets, the structure of cross-border transactions, and the distribution of functions among participants in foreign trade in goods. At the present stage, Chinese platforms are changing the organization, speed, competitive strategies, and logic of international trade in order to increase their share in Global e-commerce.

Keywords: China, International trade, cross-border e-commerce, platform economy, electronic trading platforms, digital cross-border payments.

References

1. Artemyev A.A., Sidorova E.Yu. VAT on the sale of e-commerce goods to individuals located in EAEU customs warehouses // Finance: Theory and Practice. – 2024. – Vol. 28, No. 3. – P. 43–51. – DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-3-43-51.
2. Bauer V.P. Digital platforms as a tool for transforming the global and Russian economy in 2021–2023 / V.P. Bauer, V.V. Eremin, V.V. Smirnov // Economics, Taxes & Law. – 2021. – Vol. 14, No. 1. – P. 41–51. – DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-1-41-51.
3. Berg T.I. Ecosystem paradigm and digital innovations in e-commerce competitiveness / T.I. Berg, V.S. Sharov, E.V. Belonogova // Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. – 2026. – Vol. 16, No. 1. – P. 481–500. – DOI: 10.18334/epp.16.1.124442.
4. Brancaccio L. China's Cross-Border E-Commerce: 2023 Performance and 2024 Outlook // China Briefing. – 2024. – 20 Feb. – URL: https://www.china-briefing.com/news/chinas-cross-border-e-commerce-2023-performance-and-2024-outlook/ (date of access: 12.05.2026).
5. China – Trade Financing // International Trade Administration, U.S. Department of Commerce. – 2025. – 25 Sept. – URL: https://www.trade.gov/country-commercial-guides/china-trade-financing (date of access: 13.05.2026).
6. Eremin V.V. Legal regulation of trade activity using digital formats // Economics, Taxes & Law. – 2024. – Vol. 17, No. 5. – P. 157–165. – DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-5-157-165.
7. Hu H. China CBEC (Cross-Border E-Commerce) 2025 Guide: Trends, Platforms and Strategies // Gate Kaizen. – 2025. – 1 May. – URL: https://gatekaizen.com/china-cbec-cross-border-e-commerce-2025-guide-trends-platforms-strategies/ (date of access: 12.05.2026).
8. Krylova L.V. The possibility of using digital currencies for cross-border payments under sanctions // Finance: Theory and Practice. – 2024. – Vol. 28, No. 2. – P. 101–111. – DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-2-101-111.
9. Meng L. Comparative analysis of digital economy development models in China and Russia // Russian Journal of Innovation Economics. – 2024. – Vol. 14, No. 3. – P. 923–942. – DOI: 10.18334/vinec.14.3.121364.
10. Menshikova E.S. Digital transformation as part of China's foreign policy strategy // World Politics. – 2025. – No. 2. – P. 36–61. – DOI: 10.25136/2409-8671.2025.2.73877.
11. Nikolaeva A.Yu. The market of electronic payment systems in China // Economics and the Paradigm of the New Time. – 2024. – No. 12. – P. 5–10.
12. Strelets I.A., Chebanov S.V. Digitalization of world trade: scale, forms, consequences // World Economy and International Relations. – 2020. – Vol. 64, No. 1. – P. 15–25. – DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-1-15-25.
13. Yukhno A.S. Features of digital platform development in the context of the transformation of the modern economy // Economics, Taxes & Law. – 2025. – Vol. 18, No. 6. – P. 60–71. – DOI: 10.26794/1999-849X-2025-18-6-60-71.

Технологическое предпринимательство в цифровой экономике: вопросы безопасности

Короткова Ольга Валерьевна
доцент, кандидат юридических наук, Московский государственный юридический университет имени О.Е. Кутафина, ovkorotkova@msal.ru

В статье рассматриваются ключевые аспекты обеспечения экономической безопасности технологического предпринимательства в условиях цифровой трансформации экономики Российской Федерации. Проведён анализ теоретических основ технологического предпринимательства и его взаимосвязи с концепцией экономической безопасности. Исследована нормативно-правовая база, регулирующая вопросы безопасности в цифровой сфере, проанализированы современные угрозы, включая киберпреступность, утечки персональных данных и санкционные риски. Особое внимание уделено отечественным и зарубежным механизмам обеспечения безопасности технологического предпринимательства. На основе систематизации статистических данных выявлен парадокс одновременного роста ИТ-рынка и нарастания киберугроз. Сформулированы рекомендации по совершенствованию системы обеспечения экономической безопасности в сфере технологического предпринимательства.

Ключевые слова: технологическое предпринимательство, цифровая экономика, экономическая безопасность, кибербезопасность, импортозамещение, критическая информационная инфраструктура, венчурные инвестиции, цифровая трансформация.

Цифровая трансформация экономики является одним из определяющих процессов современного этапа общественного развития, затрагивающим все без исключения сферы хозяйственной деятельности. По данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, валовые затраты на цифровую экономику в России в 2024 году составили порядка 6,7 трлн рублей, а вклад ИТ-отрасли в валовой внутренний продукт вырос до 2,43% по сравнению с 1,32% в 2019 году. В этих условиях технологическое предпринимательство выступает ключевым драйвером инновационного развития, обеспечивая создание и коммерциализацию новых технологий, формирование высокопроизводительных рабочих мест и повышение конкурентоспособности национальной экономики [7, С. С. 396-397].

Вместе с тем стремительное развитие цифровой экономики сопровождается нарастанием масштабных угроз экономической безопасности. Как отмечают Идрисов Г.И., Княгинин В.Н., Кудрин А.Л. и Рожкова Е.С., новая технологическая революция несёт не только возможности, но и существенные риски для экономики России, связанные с отставанием в ключевых технологических направлениях и усилением глобальной конкуренции [1, С. 1]. Число ИТ-преступлений в Российской Федерации достигло рекордных 765,4 тыс. в 2024 году, увеличившись в 70 раз за последние двенадцать лет, при этом ущерб от киберпреступлений оценивается приблизительно в 200 млрд рублей [5, С.19-21]. Данные обстоятельства актуализируют необходимость комплексного исследования вопросов безопасности технологического предпринимательства.

Теоретический фундамент исследования технологического предпринимательства восходит к работам Й.А. Шумпетера, который ввёл концепцию предпринимателя-инноватора, осуществляющего новые комбинации факторов производства, и обосновал роль «созидательного разрушения» как движущей силы экономического развития. По Шумпетеру, именно предприниматель, реализующий инновации, является главным агентом структурных сдвигов в экономике, что сохраняет свою актуальность и в контексте современной цифровой трансформации.

Наиболее цитируемое определение технологического предпринимательства принадлежит Т. Бейлетти, который рассматривает его как инвестиции в проект, объединяющий специализированных индивидов и разнородные активы, неразрывно связанные с достижениями научного и технологического знания, с целью создания и присвоения стоимости для фирмы. Данный подход акцентирует внимание на специфической ресурсной базе технологического предпринимательства и его ориентации на коммерциализацию научно-технических достижений.

В отечественной научной литературе Балашова Е.С. и Громова Е.А. анализируют технологическое предпринимательство как конкурентоспособную модель инновационного развития, обосновывая его высокую значимость для перехода к инновационной экономике [4, С. 12]. Толмачев Д.Е. и Чукавина К.В. исследуют образовательные и географические траектории основателей российских технологических стартапов, выявляя ключевые факторы их успешности, включая наличие технического образования и локализацию в крупных экономических центрах [10, С. 420–434].

Категория экономической безопасности разрабатывалась в трудах ведущих российских учёных. В.К. Сенчагов определяет экономическую безопасность как состояние экономики и институтов власти, при котором обеспечиваются гарантированная защита национальных интересов и достаточный оборонный потенциал даже при наиболее неблагоприятных условиях развития [8, С.26-30].

Таким образом, технологическое предпринимательство в цифровой экономике представляет собой синтез инновационной деятельности и коммерциализации цифровых технологий, вопросы безопасности которого приобретают стратегическое значение в условиях усиления глобальной технологической конкуренции и нарастания киберугроз [6, С. С. 137].

Система правового обеспечения экономической безопасности в сфере цифровых технологий в Российской Федерации формируется на основе комплекса стратегических документов и нормативных актов. Ключевым документом является Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года (Указ Президента РФ от 13.05.2017 № 208), определяющая среди основных угроз стремление развитых государств использовать преимущества в высоких и информационных технологиях как инструмент глобальной конкуренции, уязвимость информационной инфраструктуры, а также отставание в разработке и внедрении перспективных технологий [7, С. 163-165].

Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (Указ Президента от 05.12.2016 № 646) фиксирует в качестве ключевых угроз наращивание рядом зарубежных стран возможностей информационно-технического воздействия на информационную инфраструктуру, рост масштабов компьютерной преступности, а также отставание Российской Федерации в разработке конкурентоспособных информационных технологий и зависимость от иностранных технологий. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (Указ Президента от 02.07.2021 № 400) устанавливает, что использование иностранных информационных технологий и телекоммуникационного оборудования повышает уязвимость информационных ресурсов к воздействию извне.

Качественный сдвиг в регулировании произошёл в 2024–2025 годах. Федеральным законом от 30.11.2024 № 420-ФЗ введены оборотные штрафы за повторные утечки персональных данных в размере от одного до трёх процентов годовой выручки компании, при этом минимальный размер штрафа составляет 20 млн рублей, а максимальный — 500 млн рублей.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» включает шесть федеральных проектов, в том числе «Информационная безопасность», с общим бюджетом порядка 1 635 млрд рублей. Данная программа обеспечивает системный подход к развитию цифровой экономики и формированию безопасной цифровой среды для предпринимательской деятельности.

Масштабной угрозой для технологического предпринимательства являются утечки персональных данных. По данным InfoWatch, количество скомпрометированных записей персональных данных в 2024 году составило 1,58 млрд (+31,7%), общее число инцидентов утечек достигло 592. Россия занимает второе место в мире по числу инцидентов и пятое по объёму скомпрометированных записей. Число инцидентов информационной безопасности, зафиксированных RED Security SOC, составило около 130 тысяч, что в 2,5 раза превышает показатели 2023 года.

Как подчёркивают Силин Я.П., Анимица Е.Г. и Новикова Н.В., применение циклично-волновой методологии к изучению региональных процессов новой индустриализации позволяет выявить закономерности технологического развития, непосредственно связанные с контекстом обеспечения безопасности технологического предпринимательства [9, С. 5–29]. Кадровый дефицит в сфере информационных технологий, оцениваемый Минцифры в 500–700 тыс. специалистов, усугубляет уязвимость технологического сектора и ограничивает возможности обеспечения информационной безопасности.

Российская Федерация реализует комплекс мер поддержки технологического предпринимательства, интегрирующих вопросы обеспечения экономической безопасности. Центральным элементом системы налогового стимулирования являются льготы для аккредитованных ИТ-компаний на период 2022–2030 годов: страховые взносы снижены до 7,6% (при стандартной ставке 30%), налог на прибыль установлен на уровне 5% (с 2025 года), предусмотрено освобождение от НДС для программного обеспечения из реестра отечественного ПО. Условием получения льгот является аккредитация в Министерстве цифрового развития и доля ИТ-доходов не менее 70%.

Фонд «Сколково» объединяет 4 684 компании-резидента, совокупная выручка которых в 2024 году составила 704,3 млрд рублей, продемонстрировав рост на 38%. Внебюджетные инвестиции достигли рекордных 42,6 млрд рублей. Фонд содействия инновациям реализует программы «УМНИК» (гранты 500 тыс. рублей молодым исследователям), «Старт» (до 5 млн рублей) и «Студенческий стартап» (1 млн рублей), по которому за 2022–2024 годы было определено 4 500 победителей [2, С. 15].

Федеральный проект «Платформа университетского технологического предпринимательства» охватывает 742 тыс. участников в 429 вузах из 87 регионов, в его рамках создано около 30 тыс. университетских стартапов и привлечено более 2,9 млрд рублей частных инвестиций. С 2025 года проект интегрирован в федеральный проект «Технологии» национального проекта «Эффективная и конкурентная экономика». Семь особых экономических зон технико-внедренческого типа объединяют 572 компании-резидента, обеспечивая льготные условия для инновационной деятельности [3, С. 137].

Нормативно-правовая база в сфере обеспечения безопасности цифровых технологий претерпела качественную трансформацию в 2024–2025 годах, включая введение оборотных штрафов за утечки персональных данных и уголовной ответственности за их незаконное использование. Это формирует принципиально новую регуляторную среду, в которой обеспечение информационной безопасности трансформируется из статьи расходов в конкурентное преимущество и обязательное условие функционирования технологического бизнеса.

Представляется целесообразным рекомендовать следующие направления совершенствования: увеличение объёмов государственного и частного венчурного финансирования; усиление подготовки кадров в области информационной безопасности; развитие механизмов контроля качества импортозамещаемого программного обеспечения; расширение международного сотрудничества в рамках дружественных юрисдикций. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку комплексной модели оценки экономической безопасности технологического предпринимательства.

Литература

1. Балашова, Е. С. Технологическое предпринимательство как конкурентоспособная модель инновационного развития / Е. С. Балашова, Е. А. Громова // Экономические исследования. – 2016. – № 4.
2. Воронов А.С. и др. Внешние факторы формирования предпринимательских намерений студентов МГУ имени М.В. Ломоносова за 2020–2024 гг. // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. — 2024.
3. Гивель Л.Е., Короткова О.В. Противодействие информационно-психологическому терроризму в условиях пандемии COVID-19: частно-правовой аспект//Евразийский юридический журнал. 2021, № 8 (159).
4. Идрисов Г.И., Княгинин В.Н., Кудрин А.Л., Рожкова Е.С. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России // Вопросы экономики. — 2018. — № 4. — С. 5–25. DOI: 10.32609/0042-8736-2018-4-5-25.
5. Короткова О.В. Правовое регулирование безопасности предпринимательской деятельности: учебное пособие/ О.В. Короткова, М.: РУСАЙНС: 2022.
6. Короткова О.В. Особенности научного подхода в сфере обеспечения безопасности бизнеса//Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2022, № 7.
7. Короткова О.В. Особенности деятельности коммерческой разведки в современных условиях// Архонт, № 11(50).
8. Сенчагов В.К. (ред.) Экономическая безопасность России. Общий курс: учебник. — 6-е изд. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 818 с. ISBN 978-5-00101-840-7.
9. Силин Я.П., Анимица Е.Г., Новикова Н.В. Теории экономического роста и экономического цикла в исследовании региональных процессов новой индустриализации // Journal of New Economy. — 2019. — Т. 20, № 1. — С. 5–29. DOI: 10.29141/2073-1019-2019-20-1-1.
10. Толмачев Д.Е., Чукавина К.В. Технологическое предпринимательство в российских регионах: образовательные и географические траектории основателей стартапов // Экономика региона. — 2020. — Т. 16, вып. 2. — С. 420–434. DOI: 10.17059/2020-2-8.

Technological entrepreneurship in the digital economy: security issues

Korotkova O.V.
Kutafin Moscow State Law University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines key aspects of ensuring economic security of technological entrepreneurship in the digital economy of the Russian Federation. The regulatory framework, modern threats (cybercrime, data leaks, sanctions risks) and domestic and foreign security mechanisms are analyzed. The paradox of simultaneous IT market growth and escalating cyber threats is identified. Recommendations for improving the economic security system are formulated.

Keywords: technological entrepreneurship, digital economy, economic security, cybersecurity, import substitution, critical information infrastructure, digital transformation.

References

1. Balashova, E. S. Technological Entrepreneurship as a Competitive Model of Innovative Development / E. S. Balashova, E. A. Gromova // Economic Research. – 2016. – No. 4. – P. 1.
2. Voronov A.S. et al. External Factors in the Formation of Entrepreneurial Intentions of Lomonosov Moscow State University Students in 2020–2024 // Bulletin of Moscow University. Series 6. Economics. — 2024.
3. Givel L.E., Korotkova O.V. Counteraction to Information and Psychological Terrorism in the Conditions of the COVID-19 Pandemic: Private Law Aspect// Eurasian Law Journal. 2021, No. 8 (159).
4. Idrisov G.I., Knyaginin V.N., Kudrin A.L., Rozhkova E.S. The New Technological Revolution: Challenges and Opportunities for Russia // Voprosy Ekonomiki. — 2018. — No. 4. — Pp. 5–25. DOI: 10.32609/0042-8736-2018-4-5-25.
5. Korotkova O.V. Legal Regulation of Business Security: A Study Guide/ O.V. Korotkova, Moscow: RUSAYNS: 2022.
6. Korotkova O.V. Features of the scientific approach in the field of business security// Modern science: current problems of theory and practice. 2022, No.
7. Korotkova O.V. Features of commercial intelligence activities in modern conditions// arkhon, No. 11(50).
8. Senchagov V.K. (ed.) Economic security of Russia. General Course: Textbook. 6th ed. Moscow: Knowledge Laboratory, 2020. 818 p. ISBN 978-5-00101-840-7.
9. Silin Ya.P., Animitsa E.G., Novikova N.V. Theories of Economic Growth and the Economic Cycle in the Study of Regional Processes of New Industrialization // Journal of New Economy. — 2019. — Vol. 20, No. 1. — Pp. 5–29. DOI: 10.29141/2073-1019-2019-20-1-1.

Влияние геополитических ограничений на ценовую фрагментацию на рынке нефти: анализ спредов Brent–Urals–Dubai

Лещинский Даниил Фёдорович
бакалавр, направление международной торговли и бизнеса, Университет Халич, LeshchinskiiDF@yandex.ru

Цель (Object). Целью данного исследования является анализ воздействия санкционных и иных геополитических ограничений, введенных в 2022 году на ценовую дифференциацию на нефтяных рынках. Дополнительная цель — выявление основных факторов, определяющих разницу стоимости, а также анализ роли международных логистических цепочек в формировании цен на нефть.
Методы (Methods). В рамках исследования применяются методы сравнительного анализа и анализа временных рядов. В рамках работы рассматриваются и рассчитываются спреды между сортами Brent–Urals / Brent–Dubai. Кроме того, проводится динамический анализ спредов, сопоставление полученных данных с временными рамками геополитических ограничений.
Результаты (Findings). В ходе исследования было выявлено сильное увеличение ценового разрыва между нефтью марок Brent и Urals после 2022 года, достигших максимальных значений в рассматриваемый период. В то же время, спред Brent–Dubai остался на низком уровне, без серьезных колебаний.
Выводы (Conclusions). По результатам исследования было выявлено, что санкционные ограничения вызвали разрыв стандартных ценовых дифференциалов. В довольно короткие сроки спреды вышли на досанкционный уровень. Это продемонстрировало серьезное влияние арбитража при восстановлении фрагментированных рынков.
Ключевые слова: Brent, Urals, Dubai, санкции, спред, нефтяной рынок, ценовая дифференциация, международная логистика.

Введение

После завершения холодной войны долгое время было популярно мнение, что глобализация победила, и в ближайшем будущем мир будет объединен единой политической и экономической структурой. Однако спустя годы стало ясно, что лишь одно из предположений оказалось верным. В последнее десятилетие можно отметить существование определенной сегментации: страны все больше ведут независимую экономическую политику в собственных интересах. Несмотря на это, экономическая глобализация произошла, и фундаментальные рыночные законы все быстрее невелируют политические шоки в современных реалиях. Отличным примером является недавний санкционный бум на мировом рынке нефти.

Именно на этом рынке отлично видны последствия арбитража в условиях фрагментации рынков. Различие цен разных сортов нефти стало больше, спреды краткосрочно перестали зависеть только от экономических факторов. В то же время традиционные модели, основанные на классических понятиях, таких как «спрос», «предложение», «сорт нефти» и другие, продолжают предсказывать тенденции. Таким образом, в краткосрочной динамике проявляется ситуация, при которой глобальный по своей природе рынок демонстрирует признаки фрагментации и расхождения ценовых индикаторов вследствие геополитических решений. Долгосрочная же динамика может быть объяснена сугубо экономическими факторами. Особенно хорошо это видно на примере санкционных ограничений, введенных в 2022 году.

Введение санкций, как новый инструмент, привлекает все больше научного и общественного внимания. Список литературы на эту тему растет с каждым днем, охватывая многие аспекты: от юридического обоснования санкций до логистических особенностей механизмов их обхода. Но несмотря на значительное количество исследований, вопрос арбитража и его влияния на восстановление «разделенных» рынков остается недостаточно изученным. В частности, отсутствует подробный количественный анализ динамики ценовых дифференциалов между ключевыми бенчмарками с учетом геополитических факторов. Стоит добавить, что существующие исследования, как правило, рассматривают отдельные сегменты рынка, не обеспечивая целостного сравнительного анализа различных эталонных сортов нефти в единой методологической рамке.

Целью данного исследования является анализ динамики и структуры ценовых спредов трех основных марок нефти (Brent, Urals, Dubai). Выявление зависимости разницы цен и геополитических (включая санкционные) шоков, а также их последующего возвращения к рыночному равновесию. Для достижения этой цели необходимо решить такие задачи, как сбор и структуризация данных о спредах и ценах вышеупомянутых сортов нефти в динамике; провести сравнительный анализ ценовых различий в периодах; выявить ключевые факторы, оказывающие влияние на формирование спредов; проанализировать динамику возвращения к равновесию.

Обзор литературы

Исследования рынка нефти занимают важную роль в изучении мировых рынков и макроэкономики. Традиционные модели рассматривают этот рынок, как и любой другой, объясняя изменения через такие переменные, как спрос, предложение, цена, нефтедобыча, макроэкономические факторы. К примеру, Лутц Килиан (Lutz Kilian) в своем исследовании 2014 года рассматривает шоки спроса и предложения как основные переменные, описывающие данный рынок. Основной вывод его исследования: реальная цена нефти — это эндогенный параметр, формирующийся по классическим рыночным законам.

Отдельный пласт литературы посвящен теме ценовых спредов, как фактора дифференцирующего цены на разные сорта нефти. Спреды зависят от комплексного набора динамических факторов, которые активно описываются в научной литературе. Большую научно-исследовательскую работу в этой сфере провел Бассам Фаттух (Bassam Fattouh). Он уделял особое внимание качеству нефти, логистике и региону добычи как фундаментальным факторам, определяющим ценовые различия.

Также более детальные исследования были проведены для рассмотрения динамики и зависимости спредов между Brent–Urals и Brent–Dubai.

В последние годы модели нефтяных рынков утрачивают актуальность. Введение активных санкционных ограничений, перехват танкеров, создание параллельных структур теневых и серых флотов оказывает серьезное влияние на международный рынок, его структуру и логистику. Все чаще научные работы обращают внимание на влияние этих неэкономических факторов. Согласно Лутцу Килиану и Кристиане Баумейстер (Christiane Baumeister) в наши дни геополитика оказывает не меньшее влияние на рынки, включая ценообразование, чем конвенциональные экономические факторы.

Несмотря на большое число научных изысканий, тема восстановления рынков после шоков через механизмы арбитража остается недостаточно исследованной. В частности, существующая литература не содержит комплексного анализа динамики ценовых дифференциалов между ключевыми сортами нефти в условиях санкционного давления. Кроме того, остается недостаточно изученным сопоставление динамики спредов в различных временных периодах с дальнейшим сопоставлением до / после введения санкций, что затрудняет выявление изменений в ценообразовании.

Эмпирический анализ. Динамика цен на нефть

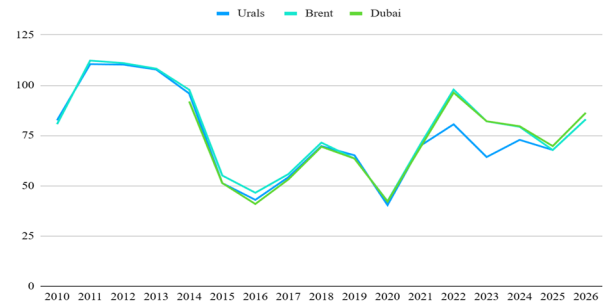


Рисунок 1. Динамика цен на марки нефти (Brent, Urals, Dubai) с 2010 по 2026 годы (в долларах США).

Динамика цен, представленная на рисунке 1, демонстрирует значительные изменения в структуре мирового нефтяного рынка, включая различия ценообразования трех сортов нефти в исследуемый период.

На отрезке между 2010 и 2014 годами наблюдается стабильная динамика цен в радиусе от 100 до 115 долларов США за баррель, все три рассматриваемых сорта движутся синхронно в близком ценовом диапазоне. Это результат высокого уровня глобализации и интеграции нефтяных рынков. Также это свидетельствует о структурной целостности мировых рынков и отсутствии серьезных проявлений фрагментации.

С 2014 года цена на нефть резко снизилась. Это было обусловлено ростом нефтедобычи и спроса на альтернативные источники энергии (например, солнечная), что привело к падению спроса на нефть. В то же время все различия между ценами представленных марок остаются незначительными, корреляция остается сильной, демонстрируя интегральность цен нефти.

Ключевые изменения происходят начиная с 2022 года. В этот период фиксируется значительный рост цен, связанный с мировым экономическим кризисом и пандемией коронавируса COVID-19, а также расхождение цен отдельных сортов. Заметно, что, начиная с 2022 года, разрыв между ценой Urals и другими сортами нефти начинает увеличиваться. В данный период устанавливается «липкий» дисконт российской нефти.

Этот дисконт в первую очередь связан с введением международных санкций, таких как потолок цен на российскую нефть, логистические ограничения, введение эмбарго на закупку энергоресурсов, произведенных на территории Российской Федерации. В результате, российским экспортерам нефти пришлось разрабатывать механизмы обхода ограничений, искать новые рынки сбыта и перестраивать логистические цепочки в обход «недружественных» регионов.

Также можно заметить, что спред был обеспечен ростом цен на европейскую и ближневосточную нефть, а не удешевлением российского сорта. Блокировка российских поставок привела к негативному предложению шока на западных нефтяных рынках и последующему росту цены. Но российский сегмент потерял крупный рынок сбыта, и рост цены затронул его заметно меньше.

Однако, можно заметить, что ценовой разрыв вернулся на досанкционный уровень к 2025 году. Ключевая причина — адаптация рыночных механизмов к новым геополитическим условиям и возможность арбитража. Например, российская нефть вывозилась танкерами в нейтральные воды, где смешивалась с сортами из других регионов, таким образом «скрывая» страну производства. Возможность арбитража привела к повышению спроса на российскую нефть среди стран, не вводивших ограничения, что толкало цены на марку Urals вверх до рыночного равновесного уровня.

Политические решения оказали лишь кратковременное влияние на рынки, а экономические законы превалируют в долгосрочной перспективе. Как итог, существующий дифференциал Brent–Urals стремится к досанкционному равновесному уровню, однако после компликации торговых путей в него также были включены логистические издержки. Особенно хорошо это заметно на примере динамического анализа спредов вышеупомянутых сортов.

Эмпирический анализ. Анализ спредов

Таблица 1
Среднестатистические спреды между марками Brent–Urals и Brent–Dubai в 2022–2024 годах (в долларах США).

Год	Ср. спред Brent–Urals	Ср. спред Brent–Dubai
2022	$27,77	$5,31
2023	$20,89	$0,64
2024	$9,34	-$0,44
2025	$6,16	-$1,15

Результаты расчета средних значений ценовых спредов между основными марками нефти представлены в таблице 1. Из этих данных можно увидеть, что дифференциал Brent–Urals демонстрирует существенные изменения. Начиная с 2022 года спред резко увеличился в пользу Brent, что свидетельствует о значительном дисконте российской нефти по отношению к мировым бенчмаркам. Это явление напрямую связано с введением санкций и реорганизацией экспортных структур и путей.

В последующие периоды данный спред начал сокращаться, вплоть до 6,16 долларов США в 2025 году. Это демонстрирует долгосрочную тенденцию рынков на возврат к балансу вопреки геополитическим факторам.

В противовес тенденциям вышеупомянутого дифференциала, динамика спреда Brent–Dubai проявляет иной характер. В 2022 году — 5,31 доллара за баррель, а в последующие (2024–2025 годы) — выходит «в пользу» марки Dubai. Это свидетельствует о высоком уровне интеграции ближневосточных и западных рынков, отсутствии институциональных и геополитических ограничительных факторов, влияющих на ценообразование.

Сравнительный анализ результатов позволяет сделать вывод о реструктуризации мирового нефтяного рынка. До 2022 года различия цен оставались минимальными, а объяснение заключалось в рыночных экономических факторах подверженных условиям процессов глобализации. Однако в последующие периоды наблюдается разрыв между Urals и Brent/Dubai. В то же время дифференциал между европейской и ближневосточной нефтью остается незначительным, что указывает на разделение рынков, как следствие санкционных ограничений.

Таким образом, полученные результаты подтверждают гипотезу о том, что в наши дни политические факторы играют значительную, а иногда и ключевую роль в краткосрочном ценообразовании нефти на мировых рынках. Долгосрочное же равновесие ведет к консолидации рынков за счет тенденций к исключению возможностей арбитража.

Заключение

Целью данной статьи являлось исследование и последующий анализ растущего влияния геополитических факторов на дифференциацию цен на нефть на примере спредов между марками нефти Brent, Urals, Dubai, а также его рассмотрение в контексте восстановления долгосрочного рыночного равновесия.

В ходе исследования было установлено, что после санкционных ограничений 2022 года наблюдается значительный разрыв между ценами Brent и Urals, что свидетельствует о формировании дисконта российской нефти. В то же время спред Brent–Dubai остался на прежнем уровне и в отдельные периоды даже принимает отрицательные значения.

Полученные результаты подтверждают тезис, что геополитические факторы оказывают прямое влияние на процессы ценообразования мировых рынков. В частности, введение ограничений приводит к сегментации рынков и разрыву ценовых дифференциалов. Однако рыночные механизмы продолжают свою работу и постепенно восстанавливают нарушенное единство рыночных связей.

Литература

1. Adelman M. A. The World Petroleum Market. — Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1972.

2. Baumeister C., Kilian L. Understanding the Decline in the Price of Oil since June 2014 // Journal of the Association of Environmental and Resource Economists. — 2016. — URL: https://doi.org/10.1086/684160 (дата обращения: 01.04.2026)

3. Baffes J., Kose M. A., Ohnsorge F., Stocker M. The Great Plunge in Oil Prices: Causes, Consequences, and Policy Responses // World Bank Policy Research Note. — 2015.

4. Fanelli V., Maddaloni F., Musti S. Statistical Arbitrage in the Crude Oil Futures Market // arXiv.org. — 2023. — URL: https://arxiv.org/abs/2309.00875

5. Fattouh B. The Dynamics of Crude Oil Price Differentials // Energy Economics. — 2010. — URL: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.06.007

6. Haliloglu F., Sahin A., Berument H. Brent–Dubai Oil Spread: Basic Drivers // Bilkent University Working Paper. — 2021. — P. 492-505. — URL: https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.09.014

7. Kilian L. Oil Price Shocks: Causes and Consequences // Annual Review of Resource Economics. — 2014. — Vol. 6. — P. 133-154. — URL: https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083013-114701

8. Solovieva I., Khamidullin M., Kharitonova V. Brent and Urals Oil Price Control Mechanisms // International Journal of Energy Economics and Policy. — 2021. — Vol. 11, № 3. — P. 123-130. — URL: https://doi.org/10.32479/ijeep.11022

9. Stavroyiannis S. Econometric Modeling of Energy Markets // arXiv.org. — 2022. — URL: https://arxiv.org/abs/2206.03278

10. Fattouh B., Poudineh R., Sen A. The Determinants of Oil Price Differentials in the Global Market. — Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2021. — URL: http://dx.doi.org/10.20431/2454-7980.0303002

11. Alquist R., Kilian L., Vigfusson R. Forecasting the Price of Oil // Handbook of Economic Forecasting. — 2013. — Vol. 2. — URL: https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53683-9.00008-6

12. Zhang D., Shi M., Shi X. Oil Indexation, Market Fundamentals, and Oil Price Dynamics // Energy Economics. — 2008. — Vol. 30. — P. 33-41. — URL: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.001

13. Reboredo J. C. Modelling Oil Price and Exchange Rate Co-movements // Journal of Policy Modeling. — 2012. — Vol. 34. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2011.10.005

14. Apergis N., Miller S. M. Do Structural Oil-Market Shocks Affect Stock Prices? // Energy Economics. — 2009. — Vol. 31. — URL: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.03.001

The Impact of Geopolitical Constraints on price fragmentation in Oil markets: An Analysis of Brent–Urals–Dubai Spreads

Leshchinskii D.F.
Halic University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Objective. The objective of this study is to analyze the impact of sanctions and other geopolitical restrictions introduced in 2022 on price differentiation in oil markets. An additional objective is to identify the main factors determining price differences and analyze the role of international supply chains in oil price formation.

Methods. The study utilizes comparative and time-series analysis. The spreads between Brent–Urals and Brent–Dubai crude oil grades are analyzed and calculated. A dynamic analysis of the spreads is also conducted, comparing the obtained data with the timeframe of geopolitical restrictions.

Findings. The study revealed a significant widening of the price gap between Brent and Urals crude oil after 2022, reaching its maximum values during the period under review. At the same time, the Brent–Dubai spread remained low, without significant fluctuations. Conclusions. The study found that sanctions restrictions caused a rupture in standard price differentials. Spreads quickly returned to pre-sanction levels. This demonstrated the significant impact of arbitrage in the recovery of fragmented markets.

Keywords: Brent, Urals, Dubai, sanctions, spread, oil market, price differentiation, international logistics.

References

1. Adelman M. A. The world oil market. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1972.
2. Baumeister K., Kilian L. Understanding the decline in oil prices since June 2014 // Journal of the Association of Environmental and Resource Economists. — 2016. — URL: <url> https://doi.org/10.1086/684160 (date of request: 04/01/2026)
3. Buffes J., Kose M. A., Onsorge F., Stocker M. The sharp drop in oil prices: causes, consequences, and policy responses // Analytical note by the World Bank on policy issues. — 2015.
4. Fanelli V., Maddaloni F., Musti S. Statistical arbitrage in the crude oil futures market // arXiv.org . — 2023. — URL: https://arxiv.org/abs/2309.00875
5. Fattu B. Dynamics of the difference in crude oil prices // Energy economics. — 2010. — URL: <url> https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.06.007
6. Khaliloglu F., Shahin A., Berument H. The spread of Brent crude oil in Dubai: the main factors // Working paper of Bilkent University. - 2021. — pp. 492-505. — URL: <url> https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.09.014
7. Kilian L. Oil price shocks: causes and consequences // Annual Review of Resource Economics. — 2014. — Volume 6. — pp. 133-154. — URL: <url> https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083013-114701
8. Solovyova I., Khamidullin M., Kharitonova V. Mechanisms for regulating Brent and Urals oil prices // International Journal of Energy Economics and Politics. — 2021. — Volume 11, No. 3. — pp. 123-130. — URL: <url> https://doi.org/10.32479/ijeep.11022
9. Stavroyannis S. Econometric modeling of energy markets // arXiv.org . — 2022. — URL: <url> https://arxiv.org/abs/2206.03278
10. Fattou B., Poudine R., Sen A. Factors determining the difference in oil prices on the world market. — Oxford: Oxford Institute for Energy Research, 2021. — URL: <url> http://dx.doi.org/10.20431/2454-7980.0303002
11. Ahlquist R., Kilian L., Vigfusson R. Forecasting oil prices // Handbook of Economic Forecasting. — 2013. — Volume 2. — URL: https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53683-9.00008-6
12. Zhang D., Shi M., Shi H. Oil indexing, market fundamentals and oil price dynamics // Energy economics. - 2008. — Volume 30. — pp. 33-41. — URL: <url> https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.001
13. J. Reboredo To. Modeling the relationship between oil prices and the exchange rate // Journal of Policy Modeling. - 2012. — Volume 34. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2011.10.005
14. Apergis N., Miller S. M. Do structural shocks in the oil market affect stock prices? // Energy economics. — 2009. — Volume 31. — URL: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.03.001

Многогранное влияние искусственного интеллекта на мировую экономику и общество

Лю Вэньбо
магистр, кафедра менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, wliu9672@gmail.com,

Львин Юрий Михайлович
к.пс.н., доцент, доцент кафедры социологии и управления персонал, Санкт-Петербург, yu_lvin@mail.ru,

Сенькив Иван Олегович
к.э.н., доцент кафедры менеджмента и инноваций, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, i-senkiv@mail.ru

В статье исследуется многогранное влияние искусственного интеллекта на глобальную экономику и общественные отношения. Рассматриваются ключевые факторы трансформации: повышение производительности труда, снижение инфляционного давления, промышленная трансформация на основе данных. Выявляются системные риски, связанные с безопасностью ИИ-систем, концентрацией технологического дивиденда и угрозами «цифровой колонизации». Анализируются международные усилия по управлению безопасностью ИИ. Приводятся статистические данные и прогнозы ведущих аналитических центров.
Ключевые слова: искусственный интеллект, глобальная экономика, производительность труда, инфляция, технологические риски, управление ИИ, цифровая колонизация.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) признаётся одной из наиболее революционных технологий XXI века, трансформирующей логику функционирования глобальной экономической и финансовой системы. В отличие от предыдущих технологических волн (механизация, электрификация, компьютеризация), ИИ воздействует одновременно на факторы производства, бизнес-модели и институциональную среду. 20 января 2025 года компания DeepSeek (дочерняя структура Magic Quant) запустила новую модель с открытым исходным кодом DeepSeek-R1, которая привлекла широкое международное внимание и стимулировала интеграцию с ней более 200 компаний. Указанное событие спровоцировало цепную реакцию в экономических операциях, финансовых рынках и международных отношениях, включая недельное падение акций Nvidia на 15% и потерю более 50 млрд долларов рыночной капитализации [4].

Целью настоящего исследования выступает комплексный анализ многогранного влияния искусственного интеллекта на мировую экономику и общество, включая оценку положительных эффектов (рост производительности, снижение инфляции, технологическая модернизация) и негативных последствий (риски безопасности, технологическое неравенство, экологические издержки).

Факторы трансформации глобального экономического ландшафта под воздействием ИИ

Благодаря непрерывному развитию технологий интернета вещей, больших данных и облачных вычислений, применение искусственного интеллекта проникло во все отрасли экономики, изменяя глобальную экономическую производительность и бизнес-модели. В таблице 1 представлены прогнозные оценки влияния ИИ на глобальную экономику по данным ведущих аналитических центров.

Таблица 1
Прогнозные оценки влияния искусственного интеллекта на глобальную экономику.

Источник прогноза	Показатель	Прогнозное значение	Горизонт прогноза
IDC	Совокупные корпоративные расходы на ИИ	19,9 трлн долл.	к 2030 г.
IDC	Вклад в рост мирового ВВП	+3,5%	к 2030 г.
Goldman Sachs	Среднегодовой рост совокупной факторной производительности (СФП) США	+1,5 п.п.	следующие 10 лет
Goldman Sachs	Увеличение мирового экономического производства	7 трлн долл.	следующие 10 лет
UBS	Превышение доходности капитала над доходностью труда (в разах)	в 3 раза	—

Источник: составлено по данным [1; 2; 3]

Повышение производительности труда и снижение инфляционного давления рассматриваются аналитиками BlackRock, UBS и других организаций как ключевые каналы воздействия ИИ на экономику. По мере внедрения инструментов искусственного интеллекта предприятия автоматизируют рутинные задачи, что приводит к увеличению предложения товаров и услуг и, как следствие, к постепенному снижению инфляции. Формализованная взаимосвязь может быть представлена следующим образом:

$$\Delta P = \Delta f(\Delta Y^s, \Delta Y^d, \Delta C)$$

где ΔP — изменение уровня цен (инфляция); ΔY^s — изменение объёма предложения товаров и услуг (положительное влияние ИИ — рост ΔY^s снижает P); ΔY^d — изменение совокупного спроса; ΔC — изменение издержек производства (ИИ снижает C, что также уменьшает P).

В обрабатывающей промышленности повышение производительности позволяет компаниям производить больше товаров за то же время. После внедрения автоматизированных производственных линий с использованием ИИ автопроизводители могут увеличить годовой объём производства автомобилей на 10–15%. При стабильном рыночном спросе увеличение предложения оказывает понижающее давление на цены. По данным рыночных исследований, цены на некоторые модели автомобилей снизились на 5–8% [5].

В секторе электроники оптимизированные с помощью ИИ производственные процессы снизили себестоимость таких товаров, как смартфоны, на 8–12%, что привело к снижению розничных цен и сдерживанию инфляции. В сфере логистических услуг оптимизированные с помощью ИИ системы распределения повысили эффективность доставки,

снизили транспортные расходы и цены на логистические услуги на 5-10%. В сфере общественного питания внедрение систем заказа и управления кухней на основе ИИ повысило эффективность обслуживания, снизило затраты на рабочую силу и сохранило стабильные (или даже немного более низкие) цены на продукты питания, тем самым сдерживая инфляцию в секторе услуг [1; 7].

Промышленная трансформация на основе цифровых данных

Искусственный интеллект способствует промышленной трансформации, основанной на данных, во всех секторах экономики. В таблице 2 представлены основные направления отраслевой трансформации.

Таблица 2

Отраслевая трансформация под воздействием технологий искусственного интеллекта

Отрасль экономики	Направление применения ИИ	Ожидаемый эффект
Управление энергопотреблением	Интеллектуальные сети (Smart Grids), прогнозирование нагрузки	Повышение энергоэффективности, создание новых рыночных возможностей
Финансовый сектор	Робо-консультанты, оценка рисков, обнаружение мошенничества, алгоритмическая торговля	Повышение эффективности транзакций, точности управления рисками, персонализация обслуживания
Сельское хозяйство	Технологии точного земледелия, мониторинг посевов с использованием БПЛА, прогнозирование урожайности	Повышение эффективности производства и урожайности, оптимизация ресурсопотребления
Обрабатывающая промышленность	Автоматизация производственных процессов, интеллектуальные роботы, управление качеством	Снижение затрат на рабочую силу, уменьшение ошибок, строительство «умных» заводов
Здравоохранение	Диагностика заболеваний, анализ медицинских изображений, персонализированные планы лечения	Повышение точности диагностики, сокращение времени постановки диагноза, оптимизация лечения

Источник: составлено на основе [2; 6]

В финансовом секторе анализ больших объёмов исторических данных о транзакциях с помощью алгоритмов машинного обучения позволяет прогнозировать рыночные тенденции и принимать более взвешенные инвестиционные решения. В сельском хозяйстве технологии точного земледелия на основе ИИ повысили эффективность производства и урожайность, позволяя дифференцированно вносить удобрения и средства защиты растений. В обрабатывающей промышленности интеллектуальные роботы выполняют сложные задачи на производственных линиях, одновременно снижая затраты на рабочую силу и уменьшая количество ошибок [7].

Технологическая модернизация производителей микросхем и поставщиков облачных услуг

Спрос на высокопроизводительные вычислительные чипы будет расти по мере увеличения сложности моделей ИИ. Производители чипов, такие как Nvidia, AMD и Intel, продолжают ожесточённую конкуренцию в области чипов для искусственного интеллекта, стимулируя стремительное технологическое развитие. Поставщики облачных услуг, включая Amazon Web Services, Microsoft Azure и Google Cloud, обеспечивают более мощную вычислительную поддержку компаниям, занимающимся ИИ, оптимизируя свою облачную инфраструктуру.

Таблица 3

Классификация рисков применения технологий искусственного интеллекта

Категория риска	Конкретные проявления	Потенциальные последствия
Безопасность ИИ-систем	Традиционные киберугрозы (фишинг, DDoS-атаки), уязвимости фреймворков (Ray), некачественная разметка данных	Компрометация данных, неправильные решения моделей, финансовые потери
Производные угрозы	Нарушение конфиденциальности, высокочастотная алгоритмическая торговля, «мгновенные обвалы» рынка	Ущерб интересам отдельных лиц и организаций, кризисы ликвидности
Политические и экономические риски	Контроль стандартов развитыми странами (DMA), технологическая зависимость	Риск «цифровой колонизации» развивающихся стран
Социальное неравенство	Концентрация технологического дивиденда в капитале и высококвалифицированных группах	Увеличение разрыва в уровне благосостояния, рост коэффициента Джини
Экологические риски	Высокое энергопотребление при обучении моделей, выбросы углекислого газа	Увеличение углеродного следа, ресурсные затраты
Экзистенциальные риски	Неконтролируемое применение в сферах химии, биологии, радиоактивных материалов (ХБРЯ)	Угроза безопасности человечества

Источник: составлено на основе [4; 5; 6]

Одновременно с этим технологии ИИ проникают в малые и средние предприятия и к индивидуальным пользователям, в целом повышая эффективность экономических и социальных операций. Стоимость обучения больших языковых моделей (LLM), согласно закону масштабирования (scaling laws), растёт экспоненциально. Например, обучение модели GPT-3 со 175 миллиардами параметров оценивается примерно в 4,6 млн долларов, а более современных моделей — в десятки и сотни миллионов долларов [4].

Применение технологий ИИ сопряжено с многочисленными рисками и проблемами, которые классифицированы в таблице 3.

Особого внимания заслуживает эпизод с использованием уязвимостей безопасности в открытом фреймворке ИИ Ray. Хакеры атаковали тысячи сетевых серверов, нанеся ущерб вычислительным мощностям на сумму более 1 млрд долларов [4]. В августе 2024 года Nasdaq активировал механизм автоматического отключения (circuit breaker) из-за алгоритмической цепной реакции, вызванной высокочастотной торговлей на основе ИИ.

Согласно оценкам Goldman Sachs, доходность капитала, генерируемого ИИ, в три раза превышает доходность труда, что потенциально может привести к увеличению глобального коэффициента Джини на 0,2 пункта [3]. Обучение больших языковых моделей сопряжено со значительными экологическими издержками. Модель GPT-3 со 175 миллиардами параметров потребляет электроэнергию, эквивалентную 1287 мегаватт-часов, и генерирует 552 тонны углекислого газа. Для сравнения, суммарный углеродный след обучения модели сопоставим с выбросами пяти среднестатистических автомобилей за весь срок их службы [2].

Международная практика по управлению безопасностью ИИ

На фоне быстрого развития ИИ глобальное сотрудничество в области управления продолжает усиливаться. В таблице 4 представлены основные инициативы ведущих стран и международных организаций.

Таблица 4

Международные инициативы в области управления безопасностью искусственного интеллекта

Страна / Организация	Нормативный акт / Инициатива	Ключевые положения
ООН	Резолюция «Использование возможностей безопасного, надежного и заслуживающего доверия ИИ для устойчивого развития» (2024)	Закрепление принципов глобального управления ИИ
ОЭСР	Обновлённые принципы управления ИИ (май 2024)	Адаптация рекомендаций к современному уровню развития технологий
Китай	«Глобальная инициатива по управлению ИИ», «Рамочная программа управления безопасностью ИИ (версия 1.0)»	Сбалансированный подход к развитию и безопасности
Европейский союз	Закон об искусственном интеллекте (EU AI Act)	Единая система управления, классификация рисков (неприемлемый, высокий, ограниченный, минимальный)
США	Исполнительный указ президента Байдена	Содействие саморегулированию отрасли, стандартизация
Великобритания	Институт безопасности ИИ, набор инструментов Inspect	Оценка возможностей моделей и общей безопасности

Источник: составлено на основе [2; 4; 6]

Глубокая интеграция перспективных исследований в области безопасности ИИ и промышленной практики значительно улучшила возможности применения технологий безопасности. Научно-исследовательские институты, включая Массачусетский технологический институт (MIT), Калифорнийский университет в Беркли и Наньянский технологический университет, предложили новую парадигму межмодельных состязательных подходов, глубоко изучая границы безопасности самих моделей ИИ.

В США создана платформа тестирования Dioptra для оценки надёжности безопасности ИИ. Британский Институт безопасности ИИ запустил набор инструментов Inspect для оценки возможностей моделей и общей безопасности. Китай запустил крупномасштабную платформу общедоступных услуг для моделей, интегрирующую технологии водяных знаков цифрового контента, обнаружения сгенерированного контента и идентификации вредоносной информации [5].

Выводы

Проведённое исследование позволяет сформулировать несколько обобщающих выводов.

Во-первых, искусственный интеллект выступает значимым фактором глобального экономического роста. Совокупные корпоративные

расходы на ИИ к 2030 году достигнут 19,9 трлн долларов, а вклад в рост мирового ВВП составит 3,5 процентных пункта. Повышение производительности труда и снижение инфляции являются основными каналами положительного воздействия ИИ на экономику.

Во-вторых, отраслевая трансформация на основе данных охватывает все секторы экономики — от финансов и обрабатывающей промышленности до сельского хозяйства и здравоохранения. Наибольший эффект ожидается в сфере автоматизации рутинных операций, прогнозной аналитики и персонализации услуг.

В-третьих, применение ИИ сопряжено с системными рисками. Киберуязвимости фреймворков, некачественная разметка данных и алгоритмические сбои (включая «мгновенные обвалы» рынка) создают угрозы финансовой стабильности. Концентрация технологического дивиденда в капитале и высококвалифицированных группах усугубляет неравенство доходов, увеличивая глобальный коэффициент Джини.

В-четвёртых, развивающиеся страны сталкиваются с риском «цифровой колонизации» вследствие технологической зависимости от развитых экономик. 70% алгоритмов ИИ в африканских странах используют лицензии европейских и американских компаний, что ограничивает технологический суверенитет.

В-пятых, глобальное управление безопасностью ИИ вступает в новую, более зрелую фазу. ООН, ОЭСР, Европейский союз, Китай и США формируют нормативно-правовые рамки, однако сохраняется фрагментарность подходов. Дальнейшие исследования целесообразно направить на гармонизацию международных стандартов и разработку методов количественной оценки экологических и социальных издержек внедрения ИИ.

Литература

1. IDC Worldwide Artificial Intelligence Spending Guide. – URL: https://www.idc.com (дата обращения: 20.04.2026).
2. UN News. General Assembly adopts resolution on seizing opportunities of safe, reliable and trustworthy artificial intelligence systems for sustainable development. – 2024. – URL: https://news.un.org (дата обращения: 20.04.2026).
3. UBS Global Wealth Management. The economic impact of AI. – 2025. – URL: https://www.ubs.com (дата обращения: 20.04.2026).
4. 刘颖. 人工智能浪潮对全球经济与社会的多维影响. – 北京: 中国社会科学出版社, 2025. – 312 с. (на кит. яз.)
5. Бездудная А.Г., Трейман М.Г. Цифровые двойники экосистем: тренды, проблемы, перспективы развития и связь с устойчивым развитием // Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях: материалы VIII международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 164–168.
6. Погорельцев А.С. Управление экономическими отношениями региональных хозяйствующих субъектов в условиях цифровой трансформации рынка товаров, работ и услуг. – Санкт-Петербург : СПбГЭУ, 2025. – 143 с.
7. Миленина Ю.Ю. Проблемные аспекты защиты «слабой» стороны в соглашениях, заключаемых в цифровой среде, и пути их решения // Закон и власть. – 2025. – № 1. – С. 56–61.

The multifaceted impact of artificial intelligence on the global economy and society

Liu Wenbo, Lvin Yu.M., Senkiv I.O.
Saint Petersburg State University of Economics Saint Petersburg

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the multifaceted impact of artificial intelligence on the global economy and social relations. The key factors of transformation are considered: increasing labor productivity, reducing inflationary pressure, data-driven industrial transformation. Systemic risks associated with the security of AI systems, the concentration of technological dividends and the threats of "digital colonization" are identified. International efforts to govern AI safety are analyzed. Statistical data and forecasts of leading analytical centers are provided..

Keywords: artificial intelligence, global economy, labor productivity, inflation, technological risks, AI control, digital colonization.

References

1. IDC Worldwide Artificial Intelligence Spending Guide. – URL: https://www.idc.com (access date: 04/20/2026).
2. UN News. General Assembly adopts resolution on seizing opportunities of safe, reliable and trustworthy artificial intelligence systems for sustainable development. – 2024. – URL: https://news.un.org (access date: 04/20/2026).
3. UBS Global Wealth Management. The economic impact of AI. – 2025. – URL: https://www.ubs.com (access date: 04/20/2026).
4. 刘颖. 人工智能浪潮对全球经济与社会的多维影响. – Chinese: Chinese Journal of Ecosystem Management, 2025. – 312 p. (in Chinese)
5. Bezdudnaya A.G., Treiman M.G. Digital Twins of Ecosystems: Trends, Problems, Development Prospects, and Connection with Sustainable Development // Managing Innovation and Investment Processes and Changes in Modern Conditions: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. – St. Petersburg, 2025. – pp. 164–168.
6. Pogoreltsev A.S. Managing Economic Relations of Regional Economic Entities in the Context of Digital Transformation of the Market for Goods, Works, and Services. – St. Petersburg: SPbGEU, 2025. – 143 p.
7. Milenina Yu.Yu. Problematic aspects of protecting the "weak" party in agreements concluded in the digital environment and ways to solve them // Law and Power. – 2025. – No. 1. – P. 56–61.

Особенности текущих тенденций и динамика изменения потребительских предпочтений на глобальном рынке безалкогольных напитков

Менейлюк Михаил Александрович
аспирант, специальность 5.2.5 Экономика, Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации, mikhailmen19@mail.ru

В статье рассматриваются ключевые тенденции развития мирового рынка безалкогольных напитков и изменения потребительских предпочтений. Актуальность исследования определяется структурным изменением глобального рынка безалкогольных напитков: потребители все чаще оценивают продукт не только по цене и вкусу, но и по функциональной пользе, содержанию сахара, натуральности состава, экологичности упаковки и репутации бренда. Цель статьи состоит в выявлении ключевых тенденций рынка и оценке их влияния на потребительские предпочтения и конкурентные стратегии производителей. Исследование основано на сравнительном анализе отраслевой статистики, маркетинговых обзоров и научных публикаций. Установлено, что массовые сегменты сохраняют значительный масштаб, однако наиболее динамично развиваются функциональные, низко- и бессахарные, растительные, органические и безалкогольные альтернативы алкогольной продукции. Научная новизна исследования состоит в систематизации разрозненных рыночных индикаторов в единую аналитическую рамку трансформации спроса, где здоровье, устойчивость, цифровизация и персонализация рассматриваются как взаимосвязанные драйверы развития рынка.
Ключевые слова: безалкогольные напитки, потребительские предпочтения, функциональные напитки, устойчивое развитие, цифровизация, персонализация.

Введение

Глобальный рынок безалкогольных напитков относится к числу наиболее масштабных и диверсифицированных сегментов мировой пищевой промышленности. Его структуру формируют газированные напитки, бутилированная вода, соки и нектары, чай и кофе в формате ready-to-drink, энергетические и спортивные напитки, функциональные продукты, а также безалкогольные альтернативы алкогольной продукции. В последние годы развитие рынка определяется не только ростом объемов продаж, но и изменением структуры спроса. Потребители все чаще оценивают напитки по составу, функциональной пользе, экологичности упаковки и репутации бренда, что влияет на ассортиментную политику, маркетинговые стратегии и инвестиционные приоритеты производителей.

По данным отраслевых аналитических обзоров, совокупный объем мирового рынка безалкогольных напитков в 2024 г. превысил 1,46 трлн долл. США, а среднесрочные прогнозы указывают на сохранение положительной динамики. При этом дальнейшее развитие рынка будет определяться не только расширением потребления, но и перераспределением спроса между традиционными и инновационными категориями продукции [1]. Усиление роли здоровья, экологичности, цифровых каналов и инноваций требует обновления подходов к анализу поведения покупателей на фрагментированном рынке.

Актуальность исследования связана с тем, что производители безалкогольных напитков действуют в условиях одновременного давления со стороны потребителей, регуляторов и конкурентов. С одной стороны, сохраняется спрос на массовые и ценово доступные категории. С другой стороны, ускоряется рост сегментов, связанных с низким содержанием сахара, функциональными ингредиентами, натуральностью, устойчивой упаковкой и индивидуализацией продуктового предложения. Цель статьи - выявить ключевые тенденции развития глобального рынка безалкогольных напитков и определить, каким образом изменение потребительских предпочтений влияет на структуру спроса и конкурентные стратегии производителей.

Методы

Методы исследования основаны на аналитическом кабинетном подходе с применением сравнительного анализа, систематизации отраслевых данных, контент-анализа научных и маркетинговых публикаций и логического обобщения результатов. В качестве предметной области рассмотрены глобальный рынок безалкогольных напитков и потребительское поведение в основных сегментах: газированные напитки, бутилированная вода, соки и нектары, RTD-чай и RTD-кофе, энергетические, спортивные и функциональные напитки, а также безалкогольные альтернативы алкогольной продукции. Источниковую базу составили международные аналитические обзоры Grand View Research, Fact.MR, Precedence Research, отраслевые публикации FMCG Gurus, Food Dive, BCG и научные статьи. Отбор источников осуществлялся по критериям тематической релевантности, актуальности данных за 2023–2026 гг., наличия количественных или качественных показателей, характеризующих структуру рынка, потребительские предпочтения и конкурентные стратегии производителей. Данные были сгруппированы по трем блокам: объем и структура рынка, потребительские тренды, вызовы и возможности производителей. Далее показатели динамики рынка за 2015–2025 гг., региональной структуры и сегментного распределения были сопоставлены с качественными данными о трендах здоровья, снижения сахара, натуральности, устойчивой упаковки, цифровизации и sober-curious-поведении, после чего результаты интерпретировались через призму конкурентных стратегий производителей, включая инновационное позиционирование, пересмотр рецептур, премиализацию, развитие цифровых каналов и персонализацию продуктового предложения.

Результаты

Анализ динамики рынка показывает, что безалкогольные напитки сохраняют устойчивый потенциал роста, несмотря на краткосрочные колебания, связанные с макроэкономическими условиями, изменением потребительских доходов и перестройкой цепочек поставок. На рисунке 1 представлена динамика объема мирового рынка безалкогольных напитков за 2015-2025 гг. Наиболее заметный прирост наблюдается после 2022

г., что связано с восстановлением потребительской активности и расширением инновационных категорий продукции.

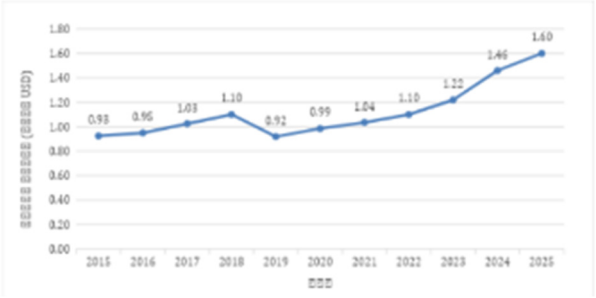


Рисунок 1 - Динамика объема мирового рынка безалкогольных напитков в 2015-2025 гг.
Источник: составлено авторами на основе данных Grand View Research [1].

Структура рынка остается неоднородной (таблица 1). Несмотря на сохраняющееся доминирование газированных напитков и бутилированной воды, наиболее высокие темпы роста демонстрируют категории с дополнительной потребительской ценностью. К ним относятся функциональные, низкокалорийные, растительные и специализированные напитки. Устойчивость традиционных сегментов объясняется не только привычками потребителей, но и адаптацией производителей: обновлением рецептур, снижением содержания сахара и расширением ассортимента за счет низкокалорийных вариантов.

Таблица 1
Структура глобального рынка безалкогольных напитков по основным сегментам

Сегмент	Доля рынка, %	Среднегодовой темп прироста (CAGR, %) 2025-2035
Газированные безалкогольные напитки	около 42	3-4
Бутилированная вода	около 35	5-6
Соки и нектары	около 11	около 4
Чай, кофе и RTD	около 8	4-5
Функциональные напитки	около 4	6-7 и выше

Источник: составлено авторами на основе данных Fact.MR [2].

Региональная структура рынка также демонстрирует существенные различия. Азиатско-Тихоокеанский регион занимает одну из ведущих позиций благодаря высокой численности населения, урбанизации и росту располагаемых доходов. В Северной Америке и Европе рынок более насыщен, поэтому конкуренция смещается от наращивания объемов продаж к премиализации, функциональности, экологичности продукции и укреплению ценности бренда. В развивающихся экономиках рост рынка связан с увеличением потребительской базы, повышением доходов и расширением современных розничных форматов.

Рисунок 2 - Доли рынка безалкогольных напитков по регионам, 2024 г.
Источник: составлено авторами на основе данных Precedence Research [3].

Одним из наиболее заметных сдвигов становится снижение привлекательности сладких газированных напитков на фоне роста спроса на продукты с функциональными свойствами. По данным маркетинговых исследований, в 2023 г. более 72 % потребителей в возрасте от 18 до 35 лет отдавали предпочтение напиткам, обогащенным витаминами, пробиотиками и антиоксидантами [4]. Одновременно увеличилось количество запусков новых функциональных напитков, что показывает превращение функциональности из дополнительного свойства продукта в самостоятельный фактор конкурентного позиционирования.

Отдельным проявлением этой тенденции является рост сегмента low- и no-sugar напитков. Около 64 % глобальных потребителей стремятся выбирать такие продукты [5]. Дополнительное влияние оказывает регулирование: в ряде стран вводятся налоги на сахар, требования к маркировке и меры, направленные на снижение потребления продуктов с высоким содержанием сахара. Рост интереса к растительным и органическим напиткам отражает более широкий запрос на натуральность, прозрачность состава и минимальную степень переработки ингредиентов. В 2023 г. около 14 % новых напитков, выведенных на глобальный рынок, позиционировались как растительные или подходящие для веганского питания, а органические соки составили около 19 % общего объема продаж в своей категории [6]. Таким образом, потребители всё чаще оценивают напиток не только по его полезным свойствам, но и по происхождению ингредиентов, степени их переработки и соответствию личным ценностям (см. таблица 2).

Таблица 2
Ключевые тенденции развития рынка безалкогольных напитков

Тенденция	Проявление	Влияние на рынок
Ориентация на здоровье	Функциональные ингредиенты	Рост сегмента wellness
Снижение сахара	Low- и no-sugar продукты	Пересмотр рецептур
Натуральность	Растительные и органические напитки	Премиализация
Цифровизация	Онлайн-каналы и социальные сети	Ускорение вывода новинок

Источник: составлено авторами.

Существенное влияние на рынок оказывает цифровизация каналов продаж и коммуникации между производителями и потребителями. Онлайн-платформы, мобильные приложения и социальные сети ускоряют распространение информации о составе, происхождении и функциональных свойствах напитков. Благодаря цифровым каналам новые потребительские тренды быстрее получают широкое распространение, а производители могут оперативнее тестировать спрос, корректировать ассортимент и адаптировать коммуникацию под отдельные группы покупателей.

Изменение спроса проявляется в том, что напиток все чаще воспринимается не только как продукт для утоления жажды, но и как элемент образа жизни, заботы о здоровье и самовыражения. Функциональность становится одним из ключевых критериев выбора: напитки с витаминами, минералами, пробиотиками и растительными экстрактами воспринимаются как продукты с дополнительной пользой. Значительная часть покупателей уделяет внимание информации о составе и стремится избегать продуктов с искусственными добавками [7].

Демографические различия особенно заметны в отношении к инновациям, устойчивому развитию и упаковке. Молодые потребители чаще выбирают продукты, соответствующие ценностям экологичности, индивидуальности и осознанного потребления. Для этой группы значимыми факторами становятся состав продукта, экологичность упаковки, социальная ответственность бренда и соответствие покупки личным ценностям. Старшие возрастные группы чаще сохраняют привычные модели потребления, но постепенно принимают низкокалорийные и функциональные продукты. Данные различия представлены в таблице 3.

Таблица 3
Влияние устойчивого развития и упаковки на потребительское поведение по возрастным группам

Показатель	18-34 года	35+ лет
Выбор продуктов с экологичной упаковкой «всегда/часто»	54 %	33 %
Готовность изменить поведение ради устойчивой упаковки	68 %	около 50 %
Готовность платить больше за экологичную упаковку	79 %	56 %
Отсутствие устойчивой упаковки как критический фактор	около 48 %	ниже

Источник: составлено авторами на основе данных European Supermarket Magazine [8].

Доходы и урбанизация определяют скорость распространения новых потребительских моделей. В крупных городах спрос на специализированные и более дорогие напитки выше благодаря уровню доходов, развитой рознице и доступу к новым продуктам. В менее урбанизированных регионах потребление остается более консервативным, однако интерес к продуктам с улучшенными характеристиками также постепенно растет.

Отдельным направлением трансформации спроса стало движение sober-curious, связанное с осознанным сокращением потребления алко-

голя без обязательного полного отказа от него. Этот тренд усиливает интерес к безалкогольному пиву, нулевым коктейлям и другим альтернативам алкогольной продукции. Выбор таких продуктов связан не только с заботой о здоровье, но и с изменением социальных норм, ростом интереса к умеренному потреблению и расширением ассортимента качественных безалкогольных продуктов [9]. В результате массовые категории сохраняют значительный масштаб, тогда как специализированные сегменты демонстрируют более высокие темпы развития. Так, по оценкам аналитиков, сегмент безалкогольного пива в 2024 г. вырос на 9 %, а его объем к 2025 г. достиг порядка 23 млрд долл. США [10].

Для производителей изменение потребительских предпочтений означает рост требований к качеству продукта, устойчивости цепочек поставок и позиционированию бренда (таблица 4). Высокая насыщенность рынка, большое количество конкурентов и доминирование международных компаний создают значительные барьеры для новых участников. Одновременно производители сталкиваются с ростом издержек на сырье, упаковку и логистику, что оказывает давление на маржинальность.

Таблица 4
Основные вызовы и возможности производителей

Фактор	Вызовы	Возможности
Конкуренция	Давление на цены	Нишевые сегменты
Регулирование	Рост затрат	Стимул к инновациям
Потребитель	Высокие ожидания	Рост лояльности

Источник: составлено авторами.

Особенно значимым становится управление цепочками поставок. Волатильность стоимости ингредиентов, включая сахар, фруктовые концентраты и растительные экстракты, увеличивает неопределенность при планировании производства и ценообразовании. В этих условиях компании чаще инвестируют в оптимизацию цепочек поставок, диверсификацию источников сырья и внедрение цифровых инструментов управления, что снижает операционные риски и повышает предсказуемость затрат. Регулирование одновременно повышает издержки и подталкивает компании к разработке более здоровых и экологичных продуктов. Налоги на сахар, требования к маркировке и экологические стандарты делают традиционные рецептуры менее устойчивыми с точки зрения долгосрочной конкурентоспособности.

Обсуждение

Полученные результаты согласуются с выводами российских и зарубежных исследователей, которые связывают развитие рынка безалкогольных напитков с изменением потребительского спроса, ростом значения функциональности и усилением конкурентного давления. Ю. Н. Клещевский, Л. В. Карташова, М. А. Николаева и О. А. Рязанова подчеркивают, что безалкогольные напитки удовлетворяют не только потребность организма в воде, но и выступают источником биологически активных веществ, что объясняет значимость сегментации по потребительским свойствам [13]. Данный вывод подтверждается результатами настоящего исследования: функциональная польза напитка становится самостоятельным критерием выбора и усиливает дифференциацию рынка.

Исследование Я. Н. Овчинниковой и Л. С. Абрамовой показывает, что для оценки деятельности предприятий, производящих безалкогольные напитки, необходимо регулярно анализировать текущую рыночную ситуацию, поскольку развитие отрасли определяется постоянными изменениями и необходимостью мониторинга факторов спроса [14]. Настоящая статья развивает этот подход за счет включения в анализ не только производственно-рыночных факторов, но и более широкого набора потребительских драйверов: здоровья, снижения сахара, устойчивого развития, цифровизации и персонализации.

Сравнение с международными аналитическими материалами показывает, что глобальные тенденции в целом совпадают с направлениями, зафиксированными в российской научной литературе, однако имеют более выраженный межрегиональный и межкатегорийный характер. В развитых странах ключевую роль играют премиализация, снижение сахара и экологичность упаковки; в развивающихся экономиках - рост доходов, урбанизация и расширение доступности современных каналов торговли. Это означает, что универсальная стратегия вывода продукта на рынок становится менее эффективной, а конкурентное преимущество формируется через точную адаптацию продукта к сегменту потребителей и ситуации потребления.

Научный вклад исследования состоит в том, что трансформация потребительских предпочтений рассмотрена как взаимосвязанная система рыночных изменений, а не как набор отдельных трендов. Сопоставление отраслевых данных и научных публикаций показывает, что здоровье, снижение сахара, устойчивое развитие, цифровизация, персонализация и регуляторное давление совместно влияют на структуру спроса и конкурентные стратегии производителей. Такая интерпретация позволяет объяснить неоднородность роста рынка: массовые сегменты сохраняют значительный объем, однако наибольший стратегический потенциал концентрируется в инновационных категориях.

Заключение

Проведённый анализ показал, что мировой рынок безалкогольных напитков меняется не только за счёт роста потребления, но и за счёт изменения потребительских ожиданий. Всё большее значение приобретают состав продукта, польза для здоровья, низкое содержание сахара, натуральность, экологичность упаковки и доверие к бренду. Поэтому функциональные, растительные, органические, низко- и бессахарные напитки, а также безалкогольные альтернативы алкогольной продукции развиваются быстрее традиционных массовых категорий.

Научная новизна исследования заключается в выводе о переходе рынка от товарной конкуренции к ценностной конкуренции. Это означает, что конкурентоспособность продукта всё чаще определяется не только его ценой и доступностью, но и соответствием ожиданиям потребителей в сфере здоровья, устойчивого развития, прозрачности состава и персональной релевантности. В этих условиях устойчивое положение компаний будет зависеть от их способности обновлять рецептуры, развивать экологичную упаковку, учитывать региональные и возрастные различия спроса, а также использовать цифровые каналы для более точного понимания покупателей. Практическая значимость исследования состоит в том, что его выводы могут применяться при разработке ассортиментных, маркетинговых и инновационных стратегий компаний отрасли.

Литература

1. Grand View Research, Inc. Non-alcoholic Drinks Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product, By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2024–2030 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/non-alcoholic-drinks-market (дата обращения: 12.05.2026).

2. Fact.MR. Non-alcoholic Beverage Market: Global Market Analysis Report — 2035 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.factmr.com/report/non-alcoholic-beverage-market (дата обращения: 12.05.2026).

3. Precedence Research. Non-Alcoholic Beverages Market [Электронный ресурс]. — URL: https://www.precedenceresearch.com/non-alcoholic-beverages-market (дата обращения: 12.05.2026).

4. Dodds W. Health claims influence young people more than older consumers // FoodManufacture.co.uk. — 2024. — URL: https://www.foodmanufacture.co.uk/Article/2024/09/09/younger-consumers-most-swayed-by-health-claims-on-products/ (дата обращения: 12.05.2026).

5. FMCG Gurus. Sugar Consumption: Navigating Moderation and Avoidance [Электронный ресурс]. — 2024. — URL: https://fmcggurus.com/blog/sugar-consumption-navigating-moderation-and-avoidance/ (дата обращения: 12.05.2026).

6. MarketGrowthReports. Non Alcoholic Drinks Market Report 2023: Trends in Plant-Based and Organic Beverages [Электронный ресурс]. — URL: https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/non-alcoholic-drinks-market-113546 (дата обращения: 12.05.2026).

7. Food Dive. Checking the label: Consumers raise questions around sustainable ingredients [Электронный ресурс]. — 2024. — URL: https://www.fooddive.com/news/consumers-consistently-looking-make-ethical-choices-based-food-ingredients/714179/ (дата обращения: 12.05.2026).

8. Younger consumers choose sustainable packaging, study finds // European Supermarket Magazine. — 2024. — URL: https://www.esmmagazine.com/packaging-design/younger-consumers-choose-sustainable-packaging-study-finds-261547 (дата обращения: 12.05.2026).

9. Sober Curious? The Non-Alcoholic Drinks Industry Is Toasting // Boston Consulting Group. — 2024. — URL: https://www.bcg.com/publications/2024/sober-curious-non-alcoholic-drinks-industry-is-toasting (дата обращения: 12.05.2026).

10. Global Beer Consumption Is Shrinking — Except in This Category // Food & Wine [Электронный ресурс]. — URL: https://www.foodandwine.com/nonalcoholic-beer-second-largest-beer-category-in-the-world-11751566 (дата обращения: 12.05.2026).

11. OECD. Consumer Policy [Электронный ресурс]. — URL: https://www.oecd.org/en/topics/consumer-policy.html (дата обращения: 12.05.2026).

12. FAO. Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets [Электронный ресурс]. — Rome : FAO, 2025. — URL: https://openknowledge.fao.org/items/9c0817c6-e826-4588-a4f6-0fa1e6c64b6e (дата обращения: 12.05.2026).

13. Клещевский Ю. Н. Рынок безалкогольных напитков: состояние и перспективы развития / Ю. Н. Клещевский, Л. В. Карташова, М. А. Николаева, О. А. Рязанова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. — 2018. — № 4. — С. 86–94. — DOI: 10.21603/2500-3372-2018-4-86-94.

14. Овчинникова Я. Н. Анализ рынка безалкогольных напитков РФ / Я. Н. Овчинникова, Л. С. Абрамова // Вектор экономики. — 2024. — № 12. — С. 1–18. — URL: https://vectoreconomy.ru/images/publications/2024/12/economicsmanagement/Ovchinnikova_Abramova.pdf (дата обращения: 12.05.2026).

15. Драгилев И. Г. Исследование современного состояния рынка соков и предпочтений потребителей во Владивостоке / И. Г. Драгилев, Л. Ю. Драгилева // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. — 2021. — № 1. — С. 115–121. — URL: https://portfolio.vvsu.ru/files/E13F6B10-20FC-4BB4-BD5C-E4C280376C29.pdf (дата обращения: 12.05.2026).

Features of current trends and dynamics of consumer preference changes in the global non-alcoholic beverage market

Meneylyuk M.A.

Russian Foreign Trade Academy of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the key development trends of the global non-alcoholic beverages market and changes in consumer preferences. The relevance of the study is determined by structural changes in the global non-alcoholic beverage market: consumers increasingly assess products not only by price and taste, but also by functional benefits, sugar content, natural composition, sustainable packaging and brand reputation. The purpose of the article is to identify key market trends and evaluate their influence on consumer preferences and producers' competitive strategies. The study is based on comparative analysis of industry statistics, marketing reports and academic publications. The results show that mass categories retain substantial market scale, while functional, low- and no-sugar, plant-based, organic beverages and non-alcoholic alternatives to alcoholic products demonstrate stronger growth potential. The scientific novelty lies in systematizing fragmented market indicators into a unified analytical framework of demand transformation, in which health, sustainability, digitalization and personalization are treated as interrelated market drivers.

Keywords: non-alcoholic beverages; consumer preferences; functional drinks; sustainable development; digitalization; personalization.

References

1. Grand View Research, Inc. Non-alcoholic Drinks Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product, By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2024-2030 [Electronic resource]. — URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/non-alcoholic-drinks-market (date of request: 05/12/2026).

2. Fact.MR . Non-alcoholic Beverage Market: Global Market Analysis Report — 2035 [Electronic resource]. — URL: https://www.factmr.com/report/non-alcoholic-beverage-market (date of request: 05/12/2026).

3. Precedence Research. Non-Alcoholic Beverages Market [Electronic resource]. — URL: https://www.precedenceresearch.com/non-alcoholic-beverages-market (accessed: 05/12/2026).

4. Dodds W. Health claims influence young people more than older consumers // FoodManufacture.co.uk . — 2024. — URL: https://www.foodmanufacture.co.uk/Article/2024/09/09/younger-consumers-most-swayed-by-health-claims-on-products / (date of access: 05/12/2026).

5. FMCG Gurus. Sugar Consumption: Navigating Moderation and Avoidance [Electronic resource]. - 2024. — URL: https://fmcggurus.com/blog/sugar-consumption-navigating-moderation-and-avoidance / (accessed: 05/12/2026).

6. MarketGrowthReports. Non Alcoholic Drinks Market Report 2023: Trends in Plant-Based and Organic Beverages [Electronic resource]. — URL: https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/non-alcoholic-drinks-market-113546 (date of request: 05/12/2026).

7. Food Dive. Checking the label: Consumers raise questions around sustainable ingredients [Electronic resource]. - 2024. — URL: https://www.fooddive.com/news/consumers-consistently-looking-make-ethical-choices-based-food-ingredients/714179 / (accessed: 05/12/2026).

8. Younger consumers choose sustainable packaging, study finds // European Supermarket Magazine. — 2024. — URL: https://www.esmmagazine.com/packaging-design/younger-consumers-choose-sustainable-packaging-study-finds-261547 (date of request: 05/12/2026).

9. Sober Curious? The Non-Alcoholic Drinks Industry Is Toasting // Boston Consulting Group. - 2024. — URL: https://www.bcg.com/publications/2024/sober-curious-non-alcoholic-drinks-industry-is-toasting (date of access: 05/12/2026).

10. Global Beer Consumption Is Shrinking — Except in This Category // Food & Wine [Electronic resource]. — URL: https://www.foodandwine.com/nonalcoholic-beer-second-largest-beer-category-in-the-world-11751566 (date of request: 05/12/2026).

11. OECD. Consumer Policy [Electronic resource]. — URL: https://www.oecd.org/en/topics/consumer-policy.html (date of access: 05/12/2026).

12. FAO. Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets [Electronic resource]. — Rome : FAO, 2025. — URL: https://openknowledge.fao.org/items/9c0817c6-e826-4588-a4f6-0fa1e6c64b6e (date of request: 05/12/2026).

13. Kleshchevsky Yu. N. The soft drinks market: state and prospects of development / Yu. N. Kleshchevsky, L. V. Kartashova, M. A. Nikolaeva, O. A. Ryazanova // Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences. — 2018. — No. 4. — pp. 86-94. — DOI: 10.21603/2500-3372-2018-4-86-94.

14. Ovchinnikova Ya. N. Analysis of the soft drinks market of the Russian Federation / Ya. N. Ovchinnikova, L. S. Abramova // Vector of Economics. — 2024. — No. 12. — pp. 1-18. — URL: https://vectoreconomy.ru/images/publications/2024/12/economicsmanagement/Ovchinnikova_Abramova.pdf (date of request: 05/12/2026).

15. Dragilev I. G., Dragileva L. Y. Investigation of the current state of the juice market and consumer preferences in Vladivostok // The territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service. — 2021. — No. 1. — pp. 115-121. — URL: https://portfolio.vvsu.ru/files/E13F6B10-20FC-4BB4-BD5C-E4C280376C29.pdf (date of request: 05/12/2026).

Зарубежный опыт организации автомобильной промышленности в КНР

Меренков Артем Олегович
к.э.н., доц., доцент кафедры логистики и транспортно-технологических систем, Государственный университет управления, Artem-merenkov@yandex.ru

Статья посвящена изучению исторического пути КНР в сфере автомобилестроения. КНР как объект исследования выбрана в качестве участника объединения БРИКС – экономического партнёра России, в том числе в сфере промышленного производства. Исследование показывает этапы развития индустрии в КНР, подчеркивается переход от импорта технологий СССР, к стандартизации импортных технологий из западных стран и далее к суверенной автомобильной промышленности. Рассматриваются структура автомобильного рынка, государственные программы и тренды автопрома КНР. Автор анализирует промышленную политику, автомобильный рынок, существующие и перспективные программы, направленные на стимулирование производства. Определены составляющие стимулирования национального производителя. В заключении представлена обобщенные анализ направлений реализации промышленной политики КНР.

Ключевые слова: Автомобильная промышленность, промышленная политика, конкурентоспособность экономики, трансфер технологий, промышленный потенциал.

Введение

Сегодня Китайская Народная Республика (КНР) – ведущая экономическая и промышленная держава Мира, обладающая значительными заделами в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в сфере автомобилестроения. Однако, достижению столь высокого уровня развития предшествовал большой путь, который начался в середине XX века и продолжается до сих пор. Данный опыт индустриализации, освоения самых современных технологий и их массовое производство интересен и полезен для изучения разным странам, в том числе и России.

Организация автомобильной промышленности КНР стартовала в 50-е годы XX века при мощной поддержке СССР. Старту программы развития производства предшествовало политическое решение, которое выразилось в постановлении Политбюро Центрального Комитета Коммунистической партии Китая (ЦК КПК). Главным ведомством, ответственным за реализацию крупного промышленного проекта (и курировавшим в дальнейшем автомобильную промышленность) становится Министерство тяжелой промышленности КНР. В том числе данным Министерством утверждается проектный план АЗ-1 по строительству автомобильного завода, с проектной мощностью 30 тысяч единиц грузовой техники [1,2].

Исторический путь автомобилестроения КНР охватывает пять исторических этапов:

1. Ранний этап (1950 годы – 1980 годы). Начало развитие отрасли, ее зарождение. Данный период характеризуется формированием производственного задела, базовых мощностей, импорте технологий. При этом основной акцент делался на выпуске грузовых автомобилей, а также пассажирских транспортных средств. Первым крупным заводом становится известный ныне FAW (First Automotive Works в переводе с английского «первый автомобильный завод») в городе Чанчунь. Открытие завода состоялось в 1956 году. Пилотной моделью стал Jiefang CA-10, индустриальным донором которого становится советский грузовик ЗИС-150. Завод был построен в том числе с использованием оборудования из СССР. Первые работники проходили обучение в СССР. Вторым крупным проектом становится АЗ-2 с производственной мощностью 60 тысяч грузовиков. Технологическим донором становится ГАЗ-51. В дальнейшем на данном историческом этапе создаются и другие производства: Пекинский автомобильный завод (BAW) – специализировался на выпуске военной техники и внедорожников (донор УАЗ-469), Нанкинский автомобильный завод – производство грузовой технике на базе советских моделей (ГАЗ-51 и ГАЗ-63). Также в данный период появляются производства в Цзинане, Шанхае, Пекине.

На втором этапе (1980-1990-ые годы) по мере изменения геополитической ситуации, изменения внутренней политики Китая, происходит развитие отношений со странами запада, начав сотрудничество с производителями Германии, США. Важным шагом является принятие закона о совместных предприятий (СП) (1979 г.) Законодательство разрешает доступ иностранных производителей на внутренний рынок с обязательством создать СП с местными партнёрами. При этом доля иностранного производителя в капитале ограничивалась на уровне 50%, что создавало условия контролируемой передачи технологий для развития локальной промышленной базы. Основные производства этого времени: Фольксваген-Шанхай (уже к 1997 году уровень локализации достигает 90%), Джип-Пекин, Пежо-Гуанчжоу, Ситроен-Дунфенг,Судзуки-Чанъань, БАИК-Мерседес и БАИК-Хендай. Таким образом, можно обратить внимание, что задача данного этапа состоит не только в повышении качества и развитии различных видов техники: внедорожники, автобусы, грузовая техника, легковые автомобили. Одной из важных задач становится трансфер технологий, при этом происходит импорт разнообразных ноу-хау крупнейших иностранных промышленных групп, тем самым стандартизируется и тиражируется лучший опыт мирового автопрома в отдельно взятой стране. По истине уникальная ситуация [3].

Третий этап. На базе сформированной инженерной школы и доступа к технологиям в начале XXI века осуществляется переход к формированию суверенной автомобильной промышленности. Возникают уникальные разработки, новые модели, усиливаются бренды производителей КНР, постепенно происходит отказ от прямой зависимости от иностранных производителей.

Четвертной этап. Также в начале века принимаются национальные цели, связанные с устойчивым развитием. Это в том числе способствовало повышению экологичности производств. Одним из направлений

становится развитие электромобилестроения, зарядной инфраструктуры, стимулирование спроса на данную технику посредствам субсидий и льгот. Планы развития предполагают к 2040 году долю электромобилей в структуре продаж новых автомобилей на уровне 90%. Также отмечается переход к агрессивной стратегии экспорта на иностранные рынки. В 2025 году экспорт составил более 8 миллионов единиц техники. Для сравнения в 2020 году насчитывался 1,08 миллиона единиц. В топ-5 стран экспорта входят: Россия, Мексика, Бразилия, Бельгия, ОАЭ. Другим трендом являются автономные транспортные средства. Данный проект реализуется совместными усилиями с телекоммуникационными компаниями, в том числе с Huawei. Уже сегодня Китай-эксплуатант крупнейшего в мире парка автономных карьерных самосвалов [4].

Основная часть

Сегодня Китай – крупнейший мировой производитель автомобилей. Объем производства в 2025 году составил более 34 миллионов автомобилей в год – 17 лет подряд лидер мирового автомобильного рынка [5]. При этом в стране сформирован весь комплекс этапов в рамках жизненного цикла автомобильной техники: от проектирования до утилизации. Основная часть произведенной продукции реализуется внутри страны, объем продаж составляет порядка 27 миллиона автомобилей. Особую популярность в последние годы приобрели электромобили, а также транспортные средства с гибридными силовыми установками. Продажи автомобилей на новых источниках энергии составляют 16.5 миллиона единиц [6]. Крупнейшие производители автомобилей представлены на рисунке 1.

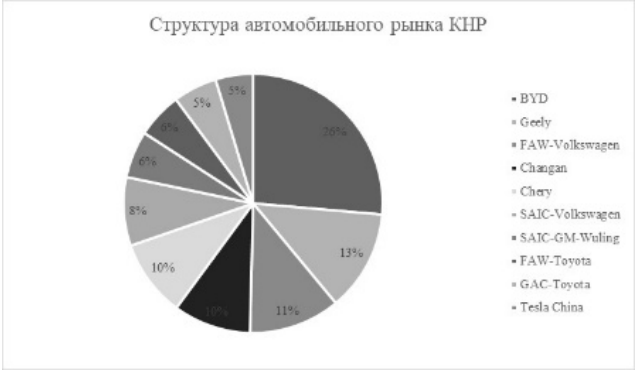


Рисунок 1 – Крупнейшие автопроизводители КНР

Анализируя автомобильный рынок КНР, можно отметить следующие основные тенденции. Во-первых, доминирование электрической повестки. Правительство Китая активно продвигает транспорт на новых типах энергии, что отмечено в стратегических документах. Первая программа стимулирования относится к 2001 году. В рамках пятилетнего плана было выделено 14.7 миллиарда на НИОКР. Программа позволила наверстать отставание КНР от технологических лидеров того времени. В 2004 году принимается актуальная политика развития автомобильной промышленности. Она лишь укрепляет позиции электромобилей, закрепляя за ними приоритетное направление, создаются профильные научно-исследовательские институты, разрабатываются отраслевые стандарты. В 2009 году в рамках плана реструктуризации и возрождения автомобильной промышленности индустрия получает еще 15 миллиардов юаней. С 2012-2020 годы реализуется план развития энергосбережения и новой энергетики автомобильной промышленности. В рамках данной стратегии устанавливается амбициозный план по производству и продаже электромобилей. Согласно плану, к 2020 году необходимо было достичь целевого значения продаж в размере 5 миллионов единиц техники. В том числе предполагались субсидии, налоговые льготы, строительство зарядной инфраструктуры. Действующий стратегический документ (2021-2035) содержит план развития индустрии транспортных средств на новых источниках энергии. Охватываются новые сегменты, в том числе предполагается полная электрификация общественного транспорта, предусматривается переход от прямых субсидий к мерам по снижению эксплуатационных расходов.

Мероприятия по стимулированию рынка электромобилей представляют собой комплекс мер, в частности прямую финансовую поддержку («Ten Cities, One Thousand Vehicles», Федеральную программу субсидирования, региональные субсидии). В зависимости от программы, типа техники и региона объем субсидии составлял от 8 000 до 60 000 юаней. Кроме этого для производителей предполагаются административные механизмы. Например система Dual-Cradit – балльная система, стимулирующая производителей увеличивать выпуск электромобилей. Компании, успешно выполняющие KPI могут перепродавать квоты другим участникам рынка. Также регулирование работает на уровне государственных закупок. Так после 2021 года доля электромобилей в структуре государственных закупок должна составлять по меньшей мере 50%. Одновременно с административными мерами, правительство развивает инфраструктуру. В период с 2015 по 2020 год реализован национальный план развития зарядной инфраструктуры, в рамках которого установлено 5 миллионов зарядных станций. Объем финансирования составил 10 миллиардов юаней. Для владельцев электромобилей предлагается бесплатная парковка, возможность езды по выделенным полосам, отмена ограничений на въезд и регистрацию автомобилей (особенно актуально для крупных городов, таких как Шанхай и Пекин) [7].

Основой успеха КНР в области автомобилестроения является комплексный подход (рисунок 1).

Централизованное планирование: на государственном уровне реализована система контроля, а также стратегическое планирование, реализуемое посредствам пятилетних планов. На практике реализовано сочетание директивных методов и рыночных инструментов. В совокупности позволяет эффективнее распределять ресурсы, сохраняя качество контроля за исполнением планов.

Научно-техническое развитие. Как было отмечено выше, следом за стратегическим планированием, включаются механизмы государственного инвестирования в НИОКР. При этом параллельно создаются профильные научные центры, при взаимодействии с университетами осуществляется подготовка кадров. Механика в своей сути напоминает алгоритм передовых инженерных школ, реализуемых в России.

Экологический вектор [8]. Системная поддержка экологически чистых технологий. Это ответная мера в качестве борьбы с загрязнением воздуха, которая реализуется в логике повышения качества жизни людей. С точки зрения крупных городов важной задачей является трансформация парка в сторону электромобилей.

Интеграция в мировую экономику. Китай остается важным глобальным игроком, обладающим устойчивыми экономическими связями по всему миру. Участие в ВТО, либерализация внешнеэкономической деятельности, продвижение экспортной повестки – данные элементы стали важной частью импорта технологий. На сегодня, добившись конкурентоспособной продукции, КНР приступает к экспансии автомобилей на иностранные рынки.

Концентрация капитала. КНР строит промышленность на базе крупных корпораций, которые обеспечивают весь спектр операций в рамках жизненного цикла автомобильной техники. Эффективным решением является формирование промышленных кластеров, своего рода специализированных экономических зон в сфере автомобилестроения, которые концентрируют на одной территории производителей автокомпонентов и автосборочные предприятия. Это позволяет сократить затраты на логистику и повысить эффективность производства.

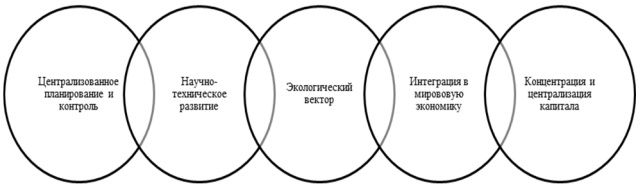


Рисунок 2 – Составные элементы развития автомобильной промышленности в КНР

Заключение

Таким образом, автомобильная промышленность КНР, начав с импорта технологий из СССР сегодня-ведущий мировой автопроизводитель. Стратегия развития автопрома сочетает продуманное государственное регулирование, стратегическое планирование, научную и технологическую политики с применением рыночных механизмов. Эти факторы позволили КНР выйти на ведущие роли в мировой автомобильной промышленности и удерживать данный статус на протяжении десятилетий.

Примечательно, что начиная с 2018 года КНР перешли к стратегии постепенного сокращения государственных субсидий. Это направлено на стимулирование действий автопроизводителей, направленных на повышение конкурентоспособности своей продукции собственными усилиями. Это крайне важно для обеспечения долгосрочной жизнеспособности отрасли. Ключевые направления стратегии автомобильной промышленности КНР представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ключевые элементы национальной стратегии автомобильной промышленности КНР

№п/п	Направления	Ключевые мероприятия	Результат
1	Централизованное планирование	Пятилетние планы, стратегический подход	Устойчивый рост и координация усилий
2	Научно-техническое развитие	Инвестиции в НИОКР, взаимодействие промышленности и ВУЗов, подготовка кадров	Повышение технологического уровня, появление суверенных технологий
3	Экология и устойчивость	Субсидии на электромобили, развитие инфраструктуры	Лидирующие позиции в сегменте электромобилей
4	Интеграция в мировую экономику	Либерализация внешнеэкономической деятельности	Увеличение экспорта и доли на мировых рынках
5	Концентрация капитала	Слияния и поглощения, поддержка крупных корпораций	Экономия на масштабе, повышение конкурентоспособности
6	География экспорта	Российский, европейский, североамериканский рынки	Дальнейшее расширение присутствия

Литература

1. Пи, Ц. отраслевые и национальные особенности аутсорсинга в автомобильной промышленности КНР / Ц. Пи // Экономика и социум. – 2024. – № 5-1(120). – С. 1534-1537. – EDN GSQJYA.
2. Мухаметова, М. Автомобильная промышленность КНР на пороге перемен / М. Мухаметова // Логистика. – 2019. – № 3(148). – С. 36-41. – EDN ZBAXVB.
3. Андриевская, Е. С. Этапы развития автомобильной промышленности в КНР / Е. С. Андриевская, Т. В. Колпакова // Россия и Китай: проблемы стратегического взаимодействия: сборник Восточного центра. – 2022. – № 25. – С. 95-99. – EDN ZXGRQB.
4. Сазонов, С. Л. Развитие автомобильной промышленности КНР / С. Л. Сазонов // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 8. – С. 37-40. – EDN TQMCNR.
5. Волкова, К. С. Автомобильная промышленность КНР: стратегическое планирование и рост конкурентоспособности на глобальном рынке / К. С. Волкова, Н. К. Гостиева // Постсоветский материк. – 2024. – № 4(44). – С. 116-132. – DOI 10.48137/23116412_2024_4_116. – EDN AGIFGG.
6. Арский, А. А. Развитие автомобильной промышленности КНР и ее перспективы на международном рынке / А. А. Арский, К. Чжоу // Горизонты экономики. – 2024. – № 6(86). – С. 137-142. – EDN ZTSJWC.
7. Морозов, С. А. Автомобильная промышленность КНР. От истоков к перспективам / С. А. Морозов, Д. Г. Коробов // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – № 2(73). – С. 12-20. – EDN PEHODB.
8. Ассоциация «Цифровая энергетика» [Электронный ресурс]URL : digital-energy.ru (дата обращения 01.05.2026)

International Experience in Organizing the Automotive Industry in China

Merenkov A.O.

State University of Management

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article examines China's historical development in the automotive industry. China is chosen as the research subject as a member of the BRICS group and an economic partner of Russia, including in industrial production. The study charts the stages of industrial development in China, emphasizing the transition from the import of Soviet technologies to the standardization of imported technologies from Western countries and subsequently to a sovereign automotive industry. The structure of the automotive market, government programs, and trends in China's automotive industry are examined. The author analyzes industrial policy, the automotive market, and existing and prospective programs aimed at stimulating production. The components of incentives for domestic producers are identified. The conclusion provides a summary analysis of China's industrial policy implementation directions.

Keywords: Automotive industry, industrial policy, economic competitiveness, technology transfer, industrial potential.

References

1. Pi, C. Industry and National Features of Outsourcing in the Automotive Industry of China / C. Pi // Economy and Society. - 2024. - No. 5-1 (120). - Pp. 1534-1537. - EDN GSQJYA.
2. Mukhametova, M. The Automotive Industry of China on the Threshold of Change / M. Mukhametova // Logistics. - 2019. - No. 3 (148). - Pp. 36-41. - EDN ZBAXVB.
3. Andrievskaya, E. S. Stages of Development of the Automotive Industry in China / E. S. Andrievskaya, T. V. Kolpakova // Russia and China: Problems of Strategic Interaction: Collection of the Eastern Center. – 2022. – No. 25. – P. 95-99. – EDN ZXGRQB.
4. Sazonov, S. L. Development of the automotive industry of the PRC / S. L. Sazonov // Automotive industry. – 2014. – No. 8. – P. 37-40. – EDN TQMCNR.
5. Volkova, K. S. The automotive industry of the PRC: strategic planning and increasing competitiveness in the global market / K. S. Volkova, N. K. Gostieva // Post-Soviet continent. – 2024. – No. 4 (44). – P. 116-132. – DOI 10.48137/23116412_2024_4_116. – EDN AGIFGG.
6. Arskiy, A. A. Development of the automotive industry of the PRC and its prospects in the international market / A. A. Arskiy, K. Zhou // Horizons of Economics. - 2024. - No. 6 (86). - Pp. 137-142. - EDN ZTSJWC.
7. Morozov, S. A. Automotive industry of the PRC. From origins to prospects / S. A. Morozov, D. G. Korobov // Journal of automotive engineers. - 2012. - No. 2 (73). - Pp. 12-20. - EDN PEHODB.
8. Association "Digital Energy" [Electronic resource] URL: digital-energy.ru (date of access 01.05.2026)

Влияние ИИ-систем на мировой рынок труда

Морозов Василий Алексеевич
старший преподаватель кафедры информационных технологий в государственном управлении, МИРЭА - Российский технологический университет, morozicus2017@gmail.com,

Чантурия Иван Давидович
бакалавр, МИРЭА – Российский технологический университет, takyna.ru@gmail.com

ИИ-системы сегодня являются одними из ключевых факторов развития глобальной мировой экономики и цифровой трансформации бизнес-процессов. В статье рассматриваются основные направления применения и внедрения ИИ-систем, влияние данных систем на мировой рынок труда и ИТ сектор. Основной акцент относится к анализу возможностей ИИ-систем, их преимуществ и недостатков. Целью данной статьи является проведение исследования влияния ИИ-систем на мировой рынок труда, их способы внедрения и показатели эффективности, а также достоинства и недостатки.
Ключевые слова: ИИ-системы, ИИ, специалист, экономика, базы данных, инструмент, анализ.

Введение

Системы на базе искусственного интеллекта в настоящее время является одним из ведущих трендов на мировом рынке. Под системами на базе искусственного интеллекта (ИИ-системы) в рамках данного исследования будем понимать совокупность решений, способных выполнять анализ данных, формировать выводы и генерировать решения, сопоставимые с отдельными аспектами когнитивной деятельности человека. При этом такие системы не обладают автономностью и выступают инструментом расширения интеллектуальных возможностей пользователя.

Современные системы искусственного интеллекта не соответствуют классическим философским критериям интеллектуальности, поскольку не обладают сознанием и способностью к подлинному пониманию вещей. Их функционирование основано на статистической обработке данных, что позволяет лишь имитировать интеллектуальную деятельность без наличия внутреннего смыслового содержания. Данное различие между обработкой символов и пониманием было обосновано в аргументе «китайской комнаты» John Searle. В этой связи ИИ следует рассматривать как инструмент моделирования интеллектуальных процессов, а не как носителя интеллекта в строгом философском смысле.

Целью данной статьи является проведение исследования влияния ИИ-систем на мировой рынок труда, их способы внедрения и показатели эффективности, а также достоинства и недостатки.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования в данной работе выступают ИИ-системы, оказывающие влияние на глобальный рынок труда. Исследование опирается на методологию стратегирования академика, иностранного члена РАН В.Л. Квинта. В рамках исследования используются методы анализа, синтеза и научной абстракции.

Результаты и обсуждение

В.Л. Квинт в рамках методологии стратегирования отмечает: «Результат анализа глобальных, региональных и отраслевых трендов и закономерностей затем используется для актуализации глобального прогноза, а впоследствии — для региональных и отраслевых поисковых и целеориентированных прогнозов. Так создается платформа последующих оценок возможных конкурентных преимуществ и выбора на их основе приоритетов стратегируемого объекта» [1]. Основываясь на методологии стратегирования академика В.Л. Квинта, разработка любой стратегии основывается на исследовании глобальных трендов и далее производится спуск вниз (рисунок 1). В условиях современного мира, ИИ-системы оказывают значительное влияние на глобальное развитие государств, регионов и организаций различного масштаба. ИИ-системы, в частности, применяются в экономике для оптимизации процессов, в ИТ-секторе — для автоматизации разработки, на рынке труда для трансформации структуры задач и др. В результате внедрения данных систем происходят оптимизация и ускорение выполнения задач, бизнес-процессов, сокращения количества используемых ресурсов. На основании этого, можно заключить, что исследование глобальных трендов влияния ИИ-систем необходимо в интересах формирования стратегий развития участников, находящихся ниже по иерархии.

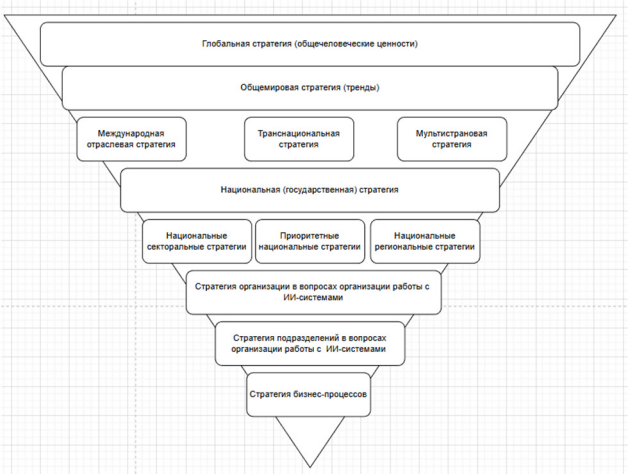


Рисунок 1. Иерархия системы стратегий (составлено авторами на основе [2])

В настоящее время существует множество ИИ-систем, применяемых государственными компаниями, организациями малого, среднего и крупного бизнеса. Основными предлагаемыми продуктами ИИ-систем на глобальном рынке являются следующие: ChatGPT, Claude, DeepSeek, YandexGPT/Алисf, GigaChat, Cursor, Figma Ai, Presentation AI. Рассмотрим вышеприведенные ИИ-системы по их функционалу и группам трудовых специальностей, для выявления их уникальных конкурентных преимуществ и оценки областей релевантности их использования (Таблица 1).

Таблица 1
Матрица классификации ИИ-систем (составлено авторами)

Наименование	Функционал	Группа экономических отраслей
ChatGPT	Анализ информации, программирование, автоматизация задач, генерация текстов	Информационные технологии, образование, маркетинг, консалтинг
Claude	Анализ больших данных, программирование, работа с файлами	Информационные технологии, юридический сектор, аналитика и консалтинг
DeepSeek	Работа с текстом, анализ текстовых и файловых данных, API	Информационные технологии, научные исследования, инженерные отрасли
YandexGPT/Алисf	Голосовые ассистенты, генерация текстов, анализ текстов	Цифровые сервисы, электронная коммерция, клиентский сервис
GigaChat	Генерация текстов, автоматизация бизнес-процессов, работа с клиентами	Финансовый сектор, банковская деятельность, корпоративные сервисы
Cursor	Автоматизация программирования	Информационные технологии, разработка программного обеспечения
Figma AI	Генерация дизайна интерфейсов, прототипирование, UI/UX	Дизайн, цифровые продукты
Presentation AI	Генерация презентаций, структурирование информации, визуализация данных	Образование, маркетинг, управление и бизнес-коммуникации

ChatGPT, согласно исследованиям OpenAI, широко применяется для генерации текстов, практической помощи и поиска информации, что позволяет специалистам (менеджерам, юристам, аналитикам, преподавателям) сокращать время выполнения рутинных задач. [3].

ИИ-система DeepSeek позволяет пользователям генерировать тексты, осуществлять поиск информации, однако конкурентным преимуществом является его дешевизна в использовании по сравнению с аналогами, такими как: Claude, ChatGPT, Perplexity AI. [4].

Claude и Claude Code от Anthropic востребованы в инженерной и аналитической среде благодаря работе с большими объемами данных, документами и кодом, что необходимо при выполнении действий, связанных с программированием, клиентской поддержкой, финансовым анализом и др. [5].

YandexGPT и экосистема голосового ассистента Алиса от Яндекс является одной из наиболее распространённых систем в России. ИИ-система ориентирована на массовый пользовательский сегмент и интеграцию в цифровые сервисы. Основные способы применения сосредоточены в области клиентского взаимодействия, поиска и автоматизации пользовательских запросов [6].

GigaChat от Сбер развивается как корпоративная ИИ-платформа, ориентированная на автоматизацию бизнес-процессов и клиентских сервисов. Внедрение данной ИИ-системы наиболее заметно в финансовом секторе, где она используется для обработки запросов, генерации контента и повышения эффективности внутренних операций [7].

Cursor представляет собой специализированный инструмент для разработки программного обеспечения, интегрирующий ИИ непосредственно в процесс написания кода. Его использование способствует ускорению разработки, снижению количества ошибок и повышению продуктивности программистов за счет автоматизации рутинных операций [8].

ИИ-система Figma AI ориентирована на автоматизацию процессов дизайна интерфейсов и прототипирования, позволяя ускорить создание цифровых продуктов. Использование таких инструментов приводит к снижению времени разработки и расширению возможностей дизайнеров за счет генеративных подходов [9].

Presentation AI применяется для автоматизации создания презентаций и структурирования информации. Такие системы позволяют пользователям быстро формировать визуальный контент, что повышает эффективность деловой коммуникации и снижает трудозатраты на подготовку материалов [10].

Для формирования общей оценки влияния ИИ-систем на экономику, ИТ-сектор и рынок труда проведем OTSW-анализ (таблица 2), учитывая поправки академика В.Л. Квинта, который отмечает: «…лучше начинать свой анализ с внешней среды объекта, то есть, с возможностей и угроз (Opportunities и Threats), а не с сильных и слабых сторон (Strengths и Weaknesses) внутренней среды. Открытие новых возможностей должно быть приоритетом в процессе сканирования внешней среды объекта. OTSW-анализ (Opportunities, Threats, Strengths и Weaknesses) – на самом деле намного лучше соответствует процессу формирования стратегического видения, приоритетов и целеполагания, так как более эффективно подготавливает компании, регионы и страны к неожиданно возникающим возможностям или угрозам» [2].

Сформированный OTSW-анализ показывает, что возможности внедрения ИИ проявляются в формировании новых рынков, профессий и управленческих решений, однако одновременно возникают угрозы, связанные с вытеснением части занятости, усилением неравенства и технологической зависимостью. Сильные стороны ИИ связаны с высокой скоростью обработки данных, автоматизацией процессов и ростом производительности, тогда как слабые стороны обусловлены ограниченностью понимания, зависимостью от данных и рисками ошибок.

Таблица 2
Матрица O□SW-анализа ИИ-систем (составлено авторами)

Возможности (Opportunities)	**Угрозы (Threats)**
1. Развитие ИИ-систем создает новые экономические сегменты, трансформирует рынок труда и повышает качество управления за счет расширения возможностей анализа и автоматизации. 2. Развитие ИИ-систем оказывает положительный эффект на развитие ВВП государства 3. ИИ-системы оказывают значительное влияние на скорость производства инновационной продукции и развитие науки 4. Развитие ИИ-систем требует значительного количества различных ресурсов, что позволяет стимулировать экономическое развитие государства	1. Внедрение ИИ-систем сопровождается рисками вытеснения занятости, усиления неравенства, технологической зависимости и угрозами информационной безопасности. 2. Скорое развитие ИИ-систем требует очень быстрой и качественной подготовки специалистов, связанных с данной отраслью
Сильные стороны (Strengths)	**Слабые стороны (Weaknesses)**
1. Распространение ИИ-систем приводит к ускорению обработки информации, повышению эффективности решений и снижению издержек, формируя условия для масштабирования и усложнения управленческих и производственных процессов 2. ИИ-системы оказывают значительное влияние на производительность труда на промышленных предприятиях значительного количества отраслей	1. Ограниченность ИИ-систем проявляется в отсутствии подлинного понимания и зависимости от качества данных, что в совокупности с непрозрачностью моделей и риском ошибок снижает надежность его применения в сложных задачах. 2. ИИ-системы вытесняют ряд профессий, что требует его аккуратного внедрения на предприятия

Исходя из данных таблицы OTSW-анализа, можно сделать несколько выводов, что ИИ как инструмент помогает в решении большинства бизнес-задач, решении логических задач и так далее. ИИ может допускать ошибки в решении логических задач, однако шансы этого малы. Человек способен не заметить и ошибаться, но машина это делает крайне редко. С другой стороны, опыт специалиста и его квалификацию с трудом заменит ИИ. С развитием ИИ есть безграничные возможности, которые смогут создать новые экономические сегменты и повысит качество анализа и скорости автоматизации. С другой стороны, данное развитие способно создать хаос на человеческом рынке труда, так как машины выгоднее человека, ей не нужно платить заработную плату. Но с заменой человеческого квалифицированного труда на ИИ, компании тратят колоссальные средства на содержание и развитие серверов и вычислительных машин на базе ИИ.

В отчете Future of Jobs Report 2025 World Economic Forum прогнозируется, что к 2030 годам глобальная перестройка затронет 22% рабочих мест; при этом создание 170 млн новых ролей будет сопровождаться вытеснением 92 млн существующих, формируя чистый положительный эффект. Однако позитивный чистый баланс не должен вводить в заблуждение. Во-первых, речь идет о глобальном агрегате, скрывающем разную динамику между странами и отраслями. Во-вторых, нет гарантии, что работники, чьи позиции будут вытеснены, смогут без издержек перейти в создаваемые сегменты. В-третьих, переходный период почти неизбежно сопровождается фрикционной безработицей, увеличением издержек на переобучение и повышением риска выпадения с рынка труда для тех групп, чьи стартовые ресурсы слабее. WEF фиксирует важный разворот в корпоративной стратегии. По состоянию на 2025 г. половина работодателей планирует изменить бизнес-модели в ответ на ИИ-системы, две трети намерены нанимать персонал со специальными AI-навыками,

а 40% ожидают уменьшения численности работников там, где ИИ способен автоматизировать задачи. Следовательно, на одном и том же рынке труда сосуществуют два процесса: спрос на AI-компетенции растет, а спрос на часть прежних ролей ослабевает [11].

Международный валютный фонд (МВФ) дополняет данный вывод важным распределительным измерением. В докладе Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work отмечается, что в развитых экономиках более высокая доля когнитивно-интенсивной занятости делает рынок труда более уязвимым и более восприимчивым к выгодам ИИ-систем. Примечательно, что женщины и работники с высшим образованием чаще попадают в сферу экспозиции, а усиление комплементарности ИИ-систем с высокодоходными работниками может повышать неравенство трудовых доходов. Получается, что вопрос состоит не только в количестве рабочих мест, но и в перераспределении выгод внутри занятости [12].

Анализируя внедрение ИИ-систем, видно, что наибольшей трансформации подвержены виды деятельности, характеризующиеся формализуемостью и повторяемостью. Согласно данным World Economic Forum и McKinsey & Company, к таким областям относятся административные, аналитические и контентные функции, где задачи могут быть алгоритмизированы. Наиболее уязвимой является сфера обработки текстовой информации и документации, включая копирайтинг и первичный анализ данных, где генеративные модели способны выполнять значительную часть операций быстрее человека. Аналогичная ситуация наблюдается в клиентской поддержке, где ИИ снижает потребность в операторах первой линии. Существенные изменения происходят и в программировании начального уровня: по данным Stanford University, ИИ-инструменты автоматизируют написание типового кода и тестирование, уменьшая потребность в выполнении базовых задач. Также под влиянием ИИ находится сфера маркетинга и цифрового контента, где автоматизация генерации материалов снижает значимость операционной деятельности. Следовательно, наибольшая зависимость от ИИ формируется в тех областях, где результат может быть воспроизведен алгоритмически. В этих условиях роль человека смещается от выполнения задач к их контролю и интерпретации, что отражает структурную трансформацию профессиональной деятельности [13].

Внедрение ИИ в организационную практику обычно развивается поэтапно: от точечной автоматизации отдельных операций к включению ИИ в сквозные бизнес-процессы и, далее, к пересборке функций подразделений вокруг человеко-машинного взаимодействия. Наиболее результативной считается модель, при которой сначала выбираются узкие сценарии с измеримым эффектом — поиск информации, подготовка черновиков, поддержка клиентов, генерация кода, затем масштабирование сопровождается изменением регламентов, обучением персонала и процедурами контроля качества. McKinsey отмечает, что регулярное использование генеративного ИИ уже вышло за пределы экспериментов [14].

Оценка эффективности внедрения ИИ не может ограничиваться только сокращением затрат. Наиболее показательные метрики включают прирост производительности, сокращение времени выполнения задачи, изменение качества результата, скорость обучения менее опытных сотрудников, экономию на рутинных операциях и влияние на выручку на одного работника. По данным Stanford HAI, растет массив исследований, показывающих, что ИИ повышает производительность и нередко сокращает разрыв между более и менее квалифицированными исполнителями [15]. PwC, анализируя почти миллиард вакансий и корпоративные показатели, сообщает, что в наиболее AI-экспонированных отраслях рост производительности и заработной платы идет быстрее, чем в наименее экспонированных [16]. Это означает, что для корректной оценки эффекта следует использовать совокупность показателей: время, качество, стоимость и бизнес-результат.

К достоинствам внедрения ИИ относятся ускорение обработки информации, масштабируемость, снижение доли рутинного труда, рост производительности и возможность более широкого доступа работников к сложным интеллектуальным инструментам. Вместе с тем недостатки носят не только технический, но и институциональный характер: непрозрачность моделей и риск ошибок, зависимость результата от качества данных, неопределенность с распределением ответственности и трудности доказательства ROI в масштабных проектах.

В сфере информационных технологий ИИ особенно заметно влияет на программирование, поиск и обработку знаний, документацию, тестирование, сопровождение инфраструктуры и совместную работу в цифровой среде. Практика показывает, что ИИ-инструменты дают наибольший эффект там, где задача имеет текстовую, кодовую или структурированную форму. В контролируемых экспериментах GitHub Copilot ускорял выполнение типовой задачи программирования на 55,8% [17]. Одновременно более поздние полевые данные METR показывают, что в сложных зрелых проектах опытные разработчики с ИИ-инструментами могут работать и медленнее из-за издержек проверки, исправления и интеграции с существующим кодом [18]. Следовательно, в ИТ ИИ не отменяет квалификацию специалиста, а меняет структуру его труда: меньше времени уходит на шаблонные действия, но больше — на верификацию, архитектурные решения и ответственность за итоговый результат.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что ИИ-системы не заменяют высококвалифицированных специалистов, но переформатируют структуру их деятельности: автоматизируя формализуемые и повторяющиеся задачи, данные системы повышают значимость архитектурного проектирования, верификации и ответственности за конечный результат. Наиболее востребованными в ИТ-сфере оказываются инструменты, дополняющие экспертные компетенции, в то время как полная замена квалифицированных кадров экономически нецелесообразна и технологически нереализуема ввиду отсутствия у ИИ-систем подлинного понимания, высоких издержек на интеграцию и верификацию, также риска потери критически важных компетенций для инновационного развития экономики.

Влияние ИИ-систем на глобальный рынок труда имеет двойственный характер, то есть прогнозируемое создание новых рабочих мест сопровождается вытеснением существующих, усилением неравенства и фрикционной безработицей, также наиболее уязвимыми оказываются формализуемые виды деятельности. Устойчивый экономический эффект достигается не через замещение высококвалифицированного специалиста, а через поэтапное внедрение ИИ-систем в измеримые сценарии с параллельным инвестированием в человеческий капитал, также перестройку рабочих процессов и адаптацию систем образования и регулирования.

Литература

1. Квинт В.Л. Концепция стратегирования. Том 1. СПб.: СЗИУ РАНХиГС, 2019. 132 с.
2. Квинт В.Л. Концепция стратегирования. Сер. Библиотека «СТРАТЕГИЯ КУЗБАССА». (2-е издание) Кемерово, 2022.
3. OpenAI [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://openai.com/ru-RU/research/index (дата обращения: 01.05.2026)
4. DeepSeek Хабр [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/878218 (дата обращения: 01.05.2026)
5. Claude Хабр [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://habr.com/ru/companies/bothub/articles/1007976/ (дата обращения: 01.05.2026)
6. Яндекс YandexGPT [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://ya.ru/ai/gpt (дата обращения: 01.05.2026)
7. Сбербанк Гигачат [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://sberdevices.ru/press/blog/detail/zachem-nuzhen-giga-chat/ (дата обращения: 01.05.2026)
8. CursorAI [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://cursor.com/ (дата обращения: 01.05.2026)
9. Figma AI [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.figma.com/ai/ (дата обращения: 01.05.2026)
10. Presentation AI [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.presentations.ai/ (дата обращения: 01.04.2026)
11. Future of Jobs Report 2025 World Economic Forum [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/in-full/ (дата обращения: 01.05.2026)
12. Доклад Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.imf.org/en/publications/staff-discussion-notes/issues/2024/01/14/gen-ai-artificial-intelligence-and-the-future-of-work-542379 (дата обращения: 01.05.2026)
13. Stanford University [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://uit.stanford.edu/aiplayground (дата обращения: 01.05.2026)
14. Доклад McKinsey [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.gate.com/ru/post/status/11937958 (дата обращения: 01.05.2026)
15. Stanford HAI [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://hai.stanford.edu/ai-index (дата обращения: 01.05.2026)
16. PwC about AI [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/ai-analytics/ai-agents.html#:~:text=As%20they%20roll%20out%20more,managing%20risk%2C%20cost%20and%20complexity. (дата обращения: 01.05.2026)
17. GitHub Хабар [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://habr.com/ru/articles/968444/ (дата обращения: 01.05.2026)

18. METR [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://www.linkedin.com/posts/dustinrehmann_a-new-study-by-metr-on-ai-coding-tools-just-activity-7349522327597957120-3UUs#:~:text=Experienced%20developers%20using%20AI%20assistants,up%20or%20slowing%20you%20down?&text=Interesting.,the%20AI%20=%20instant%(дата обращения: 01.05.2026)

AI-systems' development review in global market and world's trends

Morozov V.A., Chanturia I.D.
MIREA – Russian Technological University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

Today, AI systems are one of the key factors in the development of the global economy and the digital transformation of business processes. The article discusses the main directions of application and implementation of AI systems, the impact of these systems on the global labor market and the IT sector. The focus is on analyzing the capabilities of AI systems, their advantages and disadvantages. The purpose of this article is to conduct research on the impact of AI systems on the global labor market, their implementation methods and performance indicators, as well as advantages and disadvantages.

Keywords: AI-systems, AI, specialist, economic, Data Base, instrument, analyst.

References

1. Quint, V.L. The Concept of Strategizing. Vol. 1. St. Petersburg: North-West Management University of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 2019. 132 p.
2. Quint, V.L. The Concept of Strategizing. Series: Kuzbass Strategy Library (2nd edition), Kemerovo, 2022.
3. OpenAI [Electronic resource]. — 2026. URL: https://openai.com/ru-RU/research/index (accessed: 01.05.2026)
4. DeepSeek Habr [Electronic resource]. — 2026. URL: https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/878218 (accessed: 01.05.2026)
5. Claude Habr [Electronic resource]. — 2026. URL: https://habr.com/ru/companies/bothub/articles/1007976/ (accessed: 01.05.2026)
6. Yandex YandexGPT [Electronic resource]. — 2026. URL: https://ya.ru/ai/gpt (accessed: 01.05.2026)
7. Sberbank Gigachat [Electronic resource]. — 2026. URL: https://sberdevices.ru/press/blog/detail/zachem-nuzhen-giga-chat/ (accessed: 01.05.2026)
8. CursorAI [Electronic resource]. — 2026. URL: https://cursor.com/ (accessed: 01.05.2026)
9. Figma AI [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.figma.com/ai/ (date accessed: 01.05.2026)
10. Presentation AI [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.presentations.ai/ (date accessed: 01.04.2026)
11. Future of Jobs Report 2025 World Economic Forum [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/in-full/ (date accessed: 01.05.2026)
12. Gen-AI Report: Artificial Intelligence and the Future of Work [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.imf.org/en/publications/staff-discussion-notes/issues/2024/01/14/gen-ai-artificial-intelligence-and-the-future-of-work-542379 (accessed: 01.05.2026)
13. Stanford University [Electronic resource]. — 2026. URL: https://uit.stanford.edu/aiplayground (accessed: 01.05.2026)
14. McKinsey Report [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.gate.com/ru/post/status/11937958 (accessed: 01.05.2026)
15. Stanford HAI [Electronic resource]. — 2026. URL: https://hai.stanford.edu/ai-index (accessed: 01.05.2026)
16. PwC about AI [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/ai-analytics/ai-agents.html#:~:text=As%20they%20roll%20out%20more,managing%20risk%2C%20cost%20and%20complexity. (accessed: 01.05.2026)
17. GitHub Khabar [Electronic resource]. — 2026. URL: https://habr.com/ru/articles/968444/ (accessed: 01.05.2026)
18. METR [Electronic resource]. — 2026. URL: https://www.linkedin.com/posts/dustinrehmann_a-new-study-by-metr-on-ai-coding-tools-just-activity-7349522327597957120-3UUs#:~:text=Experienced%20developers%20using%20AI%20assistants,up%20or%20slowing%20you%20down?&text=Interesting.,the%20AI%20=%20instant%(date of access: 01.05.2026)

Центральная Азия как агропромышленный хаб для иностранных инвесторов: институциональные условия, логистика и продуктовая стратегия выхода на рынки ЕАЭС

Клепикова Наталья Александровна
магистрант, Высшая школа управления, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), 1032241996@rudn.ru,

Муртузалиева Светлана Юрьевна
РЭУ им. Г.В. Плеханова, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, murtuzalieva-syu@rudn.ru

В работе рассматривается превращение Центральной Азии — прежде всего Казахстана и Узбекистана — в площадку, привлекательную для размещения агропромышленных активов иностранных корпораций, рассчитывающих на рынки ЕАЭС и сопредельные регионы. Автор показывает, что на горизонте до 2030 г. конкурентоспособность региона как АПК-хаба определяется не отдельными инвестиционными решениями, а сочетанием четырёх условий: членство в ЕАЭС либо льготный доступ к его рынку, развитость халяль-сертификации, состояние транспортно-логистической инфраструктуры (Срединный коридор, БАМ-Транссиб, каспийские маршруты) и зрелость санитарных и фитосанитарных систем. Предлагается авторская модель «четырёх несущих» агропромышленного хаба, увязывающая институциональный, инфраструктурный, регуляторный и продуктовый контуры. Сделан вывод о том, что Казахстан в текущей конфигурации выступает как универсальный хаб, а Узбекистан — как специализированный хаб переработки и реэкспорта продукции халяль на рынки Персидского залива и Юго-Восточной Азии.

Ключевые слова: агропромышленный хаб, Центральная Азия, Казахстан, Узбекистан, ЕАЭС, халяль, прямые иностранные инвестиции, Срединный коридор, продовольственная безопасность, санитарные и фитосанитарные меры.

Введение

До недавнего времени Центральная Азия редко рассматривалась в литературе по международному маркетингу как самостоятельная региональная площадка для размещения иностранных агропромышленных активов. Регион чаще описывался либо в логике сырьевого экспорта (зерно из Казахстана, хлопок и плодоовощная продукция из Узбекистана), либо как транзитная зона между Китаем и Европой. Однако перестройка торговых маршрутов после 2022 г., запуск инвестиционных программ в Казахстане и Узбекистане и быстрое расширение мирового рынка халяль изменили эту картину: для глобальных игроков из Северной Америки, Европы, Турции и Юго-Восточной Азии Центральная Азия впервые стала действительно интересной как локация переработки.

По данным Всемирного банка, страны Центральной Азии в последние годы целенаправленно модернизируют санитарные и фитосанитарные системы (СФС), что является ключевым условием для встраивания региона в глобальные продовольственные цепочки. Параллельно Казахстан в 2025 г. анонсировал запуск 282 инвестиционных проектов в АПК на общую сумму 611,2 млрд тенге, а Узбекистан в 2024 г. отменил большую часть ограничений на экспорт мяса птицы — что показательно для понимания степени институциональной открытости.[1]

Одновременно в инвестиционной статистике региона произошёл качественный сдвиг: по итогам 2024–2025 гг. Казахстан притягивает основную часть прямых иностранных инвестиций в Центральную Азию, причём заметная их часть направляется именно в перерабатывающие производства, а не в добычу. Это меняет управленческую постановку вопроса: вместо «как продавать в Центральную Азию» иностранный инвестор всё чаще решает задачу «как использовать Центральную Азию для продажи на третьих рынках».[2]

Цель настоящей статьи — предложить структурированный взгляд на условия, при которых Центральная Азия (на примере Казахстана и Узбекистана) функционирует как агропромышленный хаб для иностранных инвесторов, и обосновать набор продуктовых и логистических стратегий, реализуемых в рамках этого хаба. Методологически работа опирается на концепцию региональных производственно-сбытовых цепочек, на идею экономических коридоров (Срединный коридор, маршруты Шёлкового пути), а также на эмпирические данные 2024–2025 гг. о состоянии АПК и инфраструктуры стран региона.

Основная часть

1. Что меняется в восприятии региона: от транзита к переработке

Долгое время логика иностранного интереса к Центральной Азии исчерпывалась двумя сюжетами: добыча углеводородов и поставки сырья (зерно, хлопок, металлы). Агропереработка либо оставалась за периметром интереса, либо ограничивалась локальными проектами для внутреннего рынка. На уровне корпоративных стратегий это объясняется просто — узким внутренним спросом и недостаточной интеграцией региональных производителей с внешними рынками сбыта.

К 2025 г. этот ландшафт изменился по трём направлениям одновременно. Во-первых, российский рынок остался открытым для центральноазиатских производителей через ЕАЭС, тогда как для прямых поставок из ряда юрисдикций условия ужесточились — это создало премию для тех, кто способен переработать продукцию на территории Союза. Во-вторых, рынок халяль превратился в одну из быстрорастущих категорий мировой пищевой промышленности: страны Персидского залива и Юго-Восточная Азия формируют устойчивый импортный спрос, а Центральная Азия располагает культурной и инфраструктурной базой для его обслуживания. В-третьих, перестройка глобальных логистических маршрутов выдвинула на первый план Срединный коридор и каспийские маршруты, что снизило логистические издержки для промышленной переработки внутри региона.

Совокупный эффект этих сдвигов состоит в том, что для иностранного инвестора Центральная Азия впервые стала площадкой, где можно одновременно решать три задачи: обслуживать собственный рынок страны размещения, поставлять переработанную продукцию в Россию и Беларусь по льготному режиму ЕАЭС и реэкспортировать халяль-продукцию на рынки Залива и Юго-Восточной Азии. Эта тройственность — главное, что отличает текущую ситуацию от прежней.

2. Авторская модель «четырёх несущих» агропромышленного хаба

Если попытаться структурировать условия, при которых страна выступает не точкой сбыта, а именно агропромышленным хабом, удобно опереться на конструкцию «четырёх несущих». Идея в том, что хаб не сводится ни к инвестиционным льготам, ни к выгодному географическому положению по отдельности — он держится на четырёх параллельных опорах, каждая из которых одинаково необходима. Если хотя бы одна несущая просаживается, конструкция теряет смысл для иностранного игрока.

Первая несущая — институциональная. Это членство страны в ЕАЭС либо особый режим доступа к Союзу, защищённость прав инвесторов, предсказуемость налоговой и валютной среды, режим специальных экономических зон. Институциональная несущая определяет, какие рынки доступны хабу через тарифные преференции и насколько устойчивы условия операционной деятельности.

Вторая несущая — инфраструктурная. Это реальная пропускная способность транспортных коридоров, портовая и контейнерная инфраструктура, складская сеть, особенно холодильная цепь, наличие внутренних железнодорожных и автомобильных связок между регионами производства и точками вывоза. Без этой несущей низкие тарифные ставки сами по себе не работают: продукция просто не доходит до потребителя в товарной форме.

Третья несущая — регуляторная. Это в первую очередь система санитарных и фитосанитарных мер, признанная торговыми партнёрами, и инфраструктура халяль-сертификации, признанная странами-импортёрами в Заливе и Юго-Восточной Азии. Регуляторная несущая отвечает на вопрос, может ли продукция, произведённая на территории хаба, быть в принципе допущена на целевые внешние рынки, и с какой скоростью.

Четвёртая несущая — продуктовая. Это совокупность товарных категорий, по которым у страны есть реальная производственная и сырьевая база (мясо, молоко, зерно, плодоовощная продукция, рыба, кондитерские изделия) и которые при этом востребованы на сопредельных рынках сбыта. Без этой несущей хаб превращается в чисто финансовую конструкцию, не имеющую прикладного смысла для АПК-инвестора.

Таблица 1
Модель «четырёх несущих» агропромышленного хаба и принимаемые на её основе решения

Показатель	Содержание
Институциональная несущая	Членство в ЕАЭС или льготный режим доступа, СЭЗ, защита инвестора — определяет выбор страны размещения и юридическую упаковку проекта.
Инфраструктурная несущая	Срединный коридор, БАМ–Транссиб, каспийские маршруты, холодильная цепь — определяет географию площадки внутри страны и структуру логистических контрактов
Регуляторная несущая	СФС-системы, признание сертификатов, инфраструктура халяль — определяет ассортиментный фокус и набор целевых внешних рынков.
Продуктовая несущая	Мясо птицы, говядина, плодоовощная продукция, кондитерские изделия — определяет производственную программу и стратегию закупок сырья.
Сквозной фактор	Кадровый и компетенционный контур (наличие специалистов по СФС, контролю качества, логистике), без которого ни одна из несущих не функционирует устойчиво.

Источник: *составлено автором.*

3. Казахстан как универсальный агропромышленный хаб

По совокупности четырёх несущих Казахстан в текущей конфигурации функционирует как универсальный агропромышленный хаб региона. Институциональная опора у него самая зрелая в Центральной Азии: членство в ЕАЭС с 2015 г., развитая система специальных экономических зон («Хоргос — Восточные ворота», «Astana — new city», аграрные СЭЗ), участие в Срединном коридоре. На уровне инвестиционной программы 2025 г. в АПК заявлено более 280 проектов на сумму, превышающую 611 млрд тенге, что свидетельствует о консолидации государственной политики вокруг переработки.[3]

Инфраструктурная несущая Казахстана опирается на сочетание трёх контуров — БАМ–Транссиб (выход на Россию и далее на Дальний Восток), Срединный коридор (выход через Каспий на Кавказ и Турцию) и южный коридор через Узбекистан в направлении Афганистана и далее в Иран. Для агропромышленного игрока это означает реальную возможность использовать одну и ту же производственную площадку для поставок на разные рынки в зависимости от конъюнктуры.

Регуляторная несущая в Казахстане усилена согласованной с ЕАЭС системой технических регламентов и развитой инфраструктурой халяль-сертификации, что особенно важно для мясного сегмента. Продуктовая несущая опирается на крупное производство зерновых, развитую птицеводческую и говяжью базу, растущий молочный сектор. Иными словами, у иностранного инвестора, рассматривающего Казахстан, есть реальная возможность собрать рабочую конструкцию по всем четырём несущим — это редкая ситуация в региональном контексте.

4. Узбекистан как специализированный хаб халяль-переработки и реэкспорта

Узбекистан в логике «четырёх несущих» представляет собой не универсальный, а специализированный хаб — с фокусом на халяль-переработку, плодоовощную продукцию и реэкспорт. Его институциональная несущая выстроена иначе: страна не является членом ЕАЭС, но имеет статус наблюдателя и сеть преференциальных торговых соглашений; одновременно Узбекистан активно проводит либерализацию внешней торговли — в частности, в 2024 г. были сняты ограничения на экспорт мяса птицы, что само по себе является сильным сигналом для иностранного инвестора.[4]

Инфраструктурная несущая Узбекистана исторически слабее казахстанской, однако активно достраивается за счёт мультимодальных логистических узлов в Ташкенте и Термезе, а также за счёт включения страны в маршруты Срединного коридора через Туркменистан. Регуляторная несущая опирается на быстро растущую инфраструктуру халяль-сертификации, признанную многими странами Залива и Юго-Восточной Азии, что в перспективе позволяет рассматривать Узбекистан как площадку для реэкспорта переработанной халяль-продукции.

Продуктовая несущая страны традиционно сильна по плодоовощному сегменту и мясу птицы, постепенно расширяется по молочной продукции и кондитерским изделиям. Сильным местом является и относительно невысокая стоимость трудовых ресурсов в сочетании с растущим уровнем технологической культуры. Для иностранного инвестора Узбекистан имеет смысл рассматривать не как замену Казахстану, а как дополнение: казахстанский хаб обслуживает преимущественно ЕАЭС, узбекистанский — даёт выход на исламские рынки за пределами Союза.

5. Логистическая рамка: Срединный коридор и каспийские маршруты

Качество хаба напрямую определяется состоянием транспортных коридоров, через которые он связан с внешними рынками. Для Центральной Азии центральное значение имеют сегодня три направления. Срединный (Транскаспийский) коридор — Китай — Казахстан — Каспийское море — Азербайджан — Грузия — Турция — Европа — после 2022 г. рассматривается как ключевая альтернатива северному маршруту через Россию и активно расширяется. Северный маршрут через БАМ и Транссибирскую магистраль остаётся основным каналом связи Центральной Азии с европейской частью России и далее с европейским рынком. Южные коридоры через Иран и Афганистан выходят на рынки Персидского залива и Южной Азии.[5]

Для иностранного агропромышленного инвестора это означает реальную возможность диверсификации не только по странам сбыта, но и по логистическим маршрутам. Производственная площадка в Казахстане может одновременно использовать северный маршрут для обслуживания российского и белорусского рынков, Срединный коридор — для поставок на турецкий и южноевропейский рынки, и южные маршруты — для выхода на рынки Залива через Иран. Эта мультимаршрутность — одно из ключевых преимуществ региона по сравнению с альтернативными локациями переработки в Юго-Восточной Азии или Восточной Европе.

Однако необходимо отметить, что инфраструктурная несущая в Центральной Азии остаётся самой нестабильной из четырёх. Её состояние зависит как от инвестиционных программ самих стран региона, так и от внешних факторов — прежде всего от политической обстановки в районе Каспийского моря и в Закавказье. Для управленческого решения это означает, что любая стратегия выхода на хаб должна закладывать запас прочности по логистике и предусматривать альтернативные сценарии маршрутов.

6. Продуктовая стратегия: что имеет смысл производить в хабе

Если применить модель «четырёх несущих» к выбору продуктовой программы, у иностранного инвестора получается достаточно компактный набор приоритетных категорий. Первое — мясо птицы (курица), для которой в обеих странах есть и сырьевая база, и развитая халяль-инфраструктура, и растущий внутренний и внешний спрос. Второе — переработанная плодоовощная продукция (замороженные овощи, томатные пасты, сухофрукты), особенно сильная позиция Узбекистана. Третье —

молочная продукция длительного срока хранения, прежде всего в Казахстане. Четвёртое — кондитерские изделия с халяль-маркировкой, ориентированные на реэкспорт.

Категории, которые в текущей рамке менее интересны для размещения в регионе, — высокотехнологичные мясные деликатесы с короткими сроками хранения (узкий внешний рынок, сложная логистика) и охлаждённая молочная продукция (требует мощной холодильной цепи, которая в регионе только формируется). По этим направлениям иностранному инвестору рациональнее работать через прямой импорт или через производство в более зрелых юрисдикциях Восточной Европы.

Прикладное значение этой продуктовой стратификации простое. Иностранная корпорация, рассматривающая Центральную Азию как АПК-хаб, не должна пытаться повторить в регионе всю свою продуктовую линейку. Хаб работает там, где сходятся все четыре несущие; за пределами этого пересечения попытка локализации даёт плохую экономику и не покрывает страновые риски.

Заключение

В работе показано, что превращение Центральной Азии в агропромышленный хаб для иностранных инвесторов — не следствие отдельных инвестиционных решений, а результат сложения четырёх параллельных условий: институциональной интеграции, инфраструктурного развития, регуляторной зрелости и наличия востребованной продуктовой базы. Авторская модель «четырёх несущих» позволяет связать эти условия в единую управленческую конструкцию и оценить, насколько та или иная страна региона действительно функционирует как хаб, а не только декларируется в этом качестве.

Применение модели к Казахстану и Узбекистану даёт несимметричный результат. Казахстан выступает как универсальный хаб, способный обслуживать одновременно рынки ЕАЭС, Турции и Закавказья, а также рынки Залива по части маршрутов. Узбекистан — как специализированный хаб переработки и реэкспорта халяль-продукции, прежде всего на рынки Залива и Юго-Восточной Азии. Эта несимметричность — не недостаток, а достоинство региона: иностранный инвестор получает не одну, а две дополняющие площадки с разной специализацией.

Дальнейшее развитие подхода видится в эмпирической проверке модели на материалах конкретных корпоративных кейсов АПК-инвесторов из Турции, ОАЭ и стран Юго-Восточной Азии, уже работающих в регионе, а также в построении количественных индексов состояния каждой из четырёх несущих по странам Центральной Азии.

Литература

1. Сведения о модернизации санитарных и фитосанитарных систем Центральной Азии приводятся по аналитическим публикациям Всемирного банка; данные об инвестиционной программе АПК Казахстана и о либерализации экспорта мяса птицы в Узбекистане — по отраслевым изданиям 2024–2025 гг.

2. Данные о структуре прямых иностранных инвестиций в Центральной Азии и о доле перерабатывающих производств в их составе обобщены по публикациям деловой прессы Казахстана за 2024–2025 гг.

3. Состояние и логика интеграции АПК Казахстана в ЕАЭС подробно раскрыты в академических обзорах КиберЛенинки и в работе по опыту Казахстана в межгосударственных интеграционных процессах.

4. Сведения об институциональной открытости Узбекистана и снятии ограничений на экспорт мяса птицы приводятся по публикации Gazeta.uz; статус халяль-инфраструктуры — по отраслевым публикациям 2024 г.

5. Концепция Срединного коридора и роль маршрутов Шёлкового пути в формировании логистической рамки Центральной Азии раскрыта в публикациях КиберЛенинки и в обзорах Центра экономической и финансовой стратегии МГУ.

Central Asia as an agrifood hub for foreign investors: institutional conditions, logistics and product strategy of entering the Eaeu markets

Klepikova N.A., Murtuzalieva S.Yu.

REU im. G.V. Plekhanov, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The paper examines the transformation of Central Asia — primarily Kazakhstan and Uzbekistan — into a platform attractive for hosting agrifood assets of foreign corporations targeting the EAEU markets and adjacent regions. The author argues that, with a horizon up to 2030, the competitiveness of the region as an agrifood hub is determined not by individual investment decisions but by a combination of four conditions: EAEU membership or preferential access to its market, the maturity of halal certification, the state of transport and logistics infrastructure (the Middle Corridor, BAM–Transsib, Caspian routes), and the maturity of sanitary and phytosanitary systems. The author's «four pillars» model of an agrifood hub is proposed, linking institutional, infrastructural, regulatory and product loops. It is concluded that under the current configuration Kazakhstan acts as a universal hub, while Uzbekistan serves as a specialised hub for processing and re-exporting halal products to the Persian Gulf and Southeast Asia.

Keywords: agrifood hub, Central Asia, Kazakhstan, Uzbekistan, EAEU, halal, foreign direct investment, Middle Corridor, food security, sanitary and phytosanitary measures.

References

1. Information on the modernization of sanitary and phytosanitary systems in Central Asia is based on analytical publications of the World Bank; data on the investment program for Kazakhstan's agro-industrial complex and on the liberalization of poultry exports in Uzbekistan are based on industry publications for 2024–2025.
2. Data on the structure of foreign direct investment in Central Asia and the share of processing industries within it are summarized based on publications in the business press of Kazakhstan for 2024–2025.
3. The status and logic of Kazakhstan's agro-industrial complex integration into the EAEU are detailed in academic reviews by CyberLeninka and in a study on Kazakhstan's experience in interstate integration processes.
4. Information on Uzbekistan's institutional openness and the lifting of restrictions on poultry exports is based on a publication by Gazeta.uz; Halal infrastructure status — according to industry publications from 2024.
5. The concept of the Middle Corridor and the role of the Silk Road routes in shaping the logistics framework of Central Asia is described in publications by CyberLeninka and in reviews by the Center for Economic and Financial Strategy at Moscow State University.

Адаптация стратегии логистической компании к фрагментации цепочек поставок в Тихоокеанской Азии: от глобальной оптимизации к региональной устойчивости

Палецкая Елизавета Викторовна
магистрант, Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского

В статье рассматривается трансформация стратегических подходов транспортно-логистических компаний в условиях фрагментации глобальных цепочек поставок и перестройки внешнеэкономической среды Тихоокеанской Азии. Обосновывается тезис о переходе от модели глобальной оптимизации, ориентированной на минимизацию издержек и максимальную эффективность линейных сервисов, к модели региональной устойчивости, предполагающей диверсификацию маршрутов, развитие интермодальных решений, партнерские интеграции с портовыми хабами и цифровую адаптацию. На основе анализа макроэкономических, инфраструктурных и институциональных факторов показано, что ключевым вызовом для логистических операторов становится высокая волатильность контейнерного рынка, санкционные ограничения и инфраструктурная неравномерность. Делается вывод, что адаптация стратегии выражается в формировании специализированных ниш, фидерных сервисах и контроле над отдельными звеньями трансграничных цепей поставок, что особенно актуально для операторов, ориентированных на российско-азиатские торговые коридоры.

Ключевые слова: логистическая стратегия, фрагментация цепочек поставок, Тихоокеанская Азия, интермодальные перевозки, региональная устойчивость, контейнерный рынок, портовая инфраструктура, внешнеэкономическая среда.

Современное развитие международной логистики характеризуется глубокой трансформацией принципов управления цепями поставок. Если в предшествующий период доминирующей парадигмой выступала глобальная оптимизация – концентрация грузопотоков на наиболее эффективных магистральных маршрутах, использование крупнотоннажного флота, минимизация транзакционных издержек и стандартизация сервисов, – то в настоящее время все большее значение приобретает региональная устойчивость. Этот сдвиг обусловлен не только циклическими колебаниями конъюнктуры, но и структурными изменениями во внешнеэкономической среде: фрагментацией производственных цепочек, политизацией торговых отношений, ростом числа ограничительных мер и нарушением традиционных транспортных коридоров. Наиболее отчетливо данные процессы проявляются в Тихоокеанской Азии – макрорегионе, который одновременно выступает крупнейшим центром контейнерных перевозок, зоной высокой геополитической напряженности и испытательным полигоном для новых логистических моделей.

Для транспортно-логистических компаний, работающих на данном направлении, стратегический вызов состоит в том, что прежние подходы, основанные на долгосрочных контрактах с крупными грузоотправителями и фиксированных линейных графика, перестают обеспечивать устойчивость. Рост волатильности ставок фрахта, перебои в работе Суэцкого и Панамского каналов, санкционные ограничения и региональные конфликты требуют пересмотра самой логики стратегического управления. В этих условиях адаптация выражается не в совершенствовании отдельных операционных показателей, а в формировании новой стратегической архитектуры, где приоритетами становятся диверсификация маршрутов, гибкость сервисного предложения, интермодальная интеграция и способность выстраивать партнерства с ключевыми узлами региональной инфраструктуры[1].

Как верно отмечает Жук М.А., тихоокеанская Азия занимает особое место в мировой логистической системе. Регион характеризуется высокой концентрацией промышленного производства, развитой портовой инфраструктурой и значительными объемами внутрирегиональной торговли. Ассоциация государств Юго-Восточной Азии стала неотъемлемой частью так называемой «Азиатской фабрики» – пространства с высокой степенью фрагментации производства, где товары многократно пересекают границы на разных стадиях технологического цикла. Это предъявляет повышенные требования к надежности, скорости и координации трансграничных перевозок, особенно в сегментах электроники, машиностроения и транспортного оборудования, где доля промежуточных товаров в импорте достигает 70–80 процентов[2].

Одновременно с углублением производственной фрагментации происходит перераспределение торговых потоков. Усиливается значение внутриазиатской торговли, растет доля Китая и стран Юго-Восточной Азии в глобальном экспорте, а традиционные связи с европейскими и американскими рынками частично переориентируются на региональные направления. Для логистических операторов это означает необходимость выстраивать не только магистральные океанские сервисы, но и разветвленную сеть фидерных маршрутов, позволяющих консолидировать грузы в узловых портах и распределять их по конечным пунктам назначения. В этом контексте фрагментация цепочек поставок выступает не столько угрозой, сколько новым условиям деятельности, требующим пересмотра стратегических приоритетов. Важной особенностью современного этапа является также высокая волатильность мирового контейнерного рынка. Рост спроса на контейнерные перевозки существенно опережает увеличение вместимости флота, что в сочетании с удлинением маршрутов из-за обходов нестабильных зон приводит к повышению ставок фрахта и снижению предсказуемости сроков доставки. В этих условиях классическая модель линейного судоходства с фиксированными расписаниями и тарифами уступает место более гибким схемам, где операторы вынуждены оперативно перераспределять тоннаж, корректировать порты захода и предлагать клиентам альтернативные маршрутные варианты.

Инфраструктура Тихоокеанской Азии носит полицентричный и иерархический характер. На верхнем уровне системы находятся крупнейшие контейнерные порты Китая, обеспечивающие масштаб и глубину рынка. Эти порты задают стандарты пропускной способности, ав-

томатизации и цифровой интеграции, выступая одновременно и конкурентами, и необходимыми партнерами для любого логистического оператора, стремящегося закрепиться в регионе. Вторым системообразующим центром является Сингапур, выполняющий функцию глобального трансшипментного хаба, через который перераспределяются потоки между Восточной Азией, Юго-Восточной Азией, Индийским океаном и дальними океанскими линиями. Особенность сингапурского узла состоит в высокой доле трансшипментных операций, достигающей 90 процентов, что делает его критически важным звеном для организации фидерных сервисов[3, 4].

В северо-восточной части региона ключевую роль играет Пусан, который выступает крупным распределительным узлом, конкурирующим с китайскими портами и обслуживающим потоки между Кореей, Китаем, Японией и Россией. В южной части региона центральное значение приобретают малайзийские порты – Порт-Кланг и Танджунг-Пелепас, расположенные у основных восточно-западных линий через Малаккский пролив. Их преимущество заключается в минимальном отклонении от магистральных маршрутов и удобстве для трансшипментных операций. Такая конфигурация означает, что ни один оператор не может контролировать всю региональную сеть, однако каждый может встроиться в нее через партнерские соглашения, прямые заходы и фидерные решения.

Каценко, В. В. пишет о том, что в условиях фрагментации цепочек поставок особенно востребованными становятся не столько глобальные перевозчики с большим тоннажем, сколько интегрированные операторы, способные предложить клиенту комплексное решение на отдельных коридорах. Речь идет о переходе от модели транспортной компании, предоставляющей услугу перевозки от порта до порта, к модели логистического оператора, управляющего цепью поставок «от двери до двери». Такая модель предполагает наличие не только флота, но и терминальных мощностей, контейнерного парка, железнодорожных платформ, складских решений и цифровых сервисов сопровождения. Именно этот тип оператора оказывается наиболее устойчивым в условиях волатильности, поскольку он контролирует несколько звеньев цепи и может перераспределять потоки между различными маршрутными вариантами[5].

Анализ внешнеэкономической среды Тихоокеанской Азии позволяет выделить три группы факторов, определяющих трансформацию логистических стратегий. К общим факторам относятся состояние мировой экономики, динамика международной торговли, геополитическая напряженность и колебания контейнерного рынка. Эти факторы задают макроэкономический фон и определяют параметры спроса на перевозки. На современном этапе ключевой особенностью является сочетание умеренного экономического роста развивающихся стран Азии с высокой неопределенностью, вызванной конфликтами в узловых морских зонах и появлением новых торговых ограничений. Региональные факторы включают интеграционные режимы, торгово-политические отношения, институциональные механизмы и инфраструктурную связанность. В Тихоокеанской Азии действует Всестороннее региональное экономическое партнерство, которое официально оформляет пространство свободной торговли и направлено на снижение барьеров. Однако реальное влияние на логистику оказывают не столько рамочные соглашения, сколько конкретные механизмы таможенного и транзитного администрирования[7, 8].

Особое значение здесь имеют система единого окна АСЕАН, обеспечивающая электронный обмен сертификатами происхождения и таможенными декларациями, а также гармонизированная система таможенного транзита, упрощающая трансграничные процедуры при перемещении товаров через несколько стран. Эти инструменты снижают транзакционные издержки и повышают предсказуемость внутрирегиональных перевозок, но не отменяют рисков, связанных с политическими решениями и санкционными ограничениями.

Специфические факторы непосредственно затрагивают деятельность транспортно-логистических компаний. К ним относятся пропускная способность портов и терминалов, состояние маршрутов, развитие интермодальности, цифровизация, стоимость перевозок и качество логистического сервиса. В условиях перегрузки восточных направлений и ограниченности инфраструктуры отдельных узлов особенно возрастает ценность точного выбора приоритетных рынков и способности быстро перестраивать схемы доставки. Цифровизация здесь выступает не как самостоятельный тренд, а как инструмент повышения управляемости цепи поставок – от приема заявки до отслеживания груза, расчета ставки и оформления документов[9].

Переход от модели глобальной оптимизации к модели региональной устойчивости предполагает пересмотр ключевых стратегических приоритетов. Если глобальная оптимизация ориентирована на максимальную загрузку флота, минимизацию портовых стояно и унификацию сервисов, то региональная устойчивость делает акцент на диверсификации маршрутов, развитии фидерных сетей, интеграции с портовыми хабами и гибкости сервисного предложения.

Первым приоритетом становится развитие интермодальных решений. В условиях высокой волатильности линейных сервисов способность сочетать морские, железнодорожные и автомобильные перевозки позволяет оператору предлагать клиентам альтернативные маршруты и снижать зависимость от отдельных узлов. Интермодальность особенно востребована на направлениях, где морской участок сопряжен с перегрузкой портов или политическими рисками, а железнодорожное плечо обеспечивает предсказуемость сроков доставки. Для региональных операторов это означает необходимость развития не только флота, но и терминальных мощностей, контейнерного парка и цифровых сервисов, связывающих разные виды транспорта в единую управляемую цепочку[10].

Вторым приоритетом является расширение присутствия в Юго-Восточной Азии. Этот субрегион сочетает высокую торговую динамику, вовлеченность в производственные цепочки и потребность в фидерных сервисах. Для логистических компаний, ориентированных на российско-азиатские связи, Юго-Восточная Азия становится не просто внешним рынком, а ключевой частью новой конфигурации контейнерного бизнеса. Развитие агентских сетей, партнерских соглашений с местными портовыми операторами и фидерных маршрутов позволяет подключать локальные грузопотоки к магистральным направлениям и увеличивать загрузку собственных линий. Третьим приоритетом выступает формирование системы управления внешнеэкономическими рисками. Геополитическая неопределенность, санкционные ограничения, колебания ставок фрахта и перегрузка портов требуют постоянного мониторинга и сценарного планирования. В рамках стратегии региональной устойчивости целесообразно создание отдельного блока риск-контроля по азиатским направлениям, включающего оценку политических рисков, анализ альтернативных маршрутов, контроль зависимости от отдельных портов и партнеров, а также подготовку резервных схем перевозки через другие хабы.

В целом, фрагментация цепочек поставок в Тихоокеанской Азии представляет собой структурную характеристику современного этапа развития международной логистики, а не временную конъюнктурную аномалию. Она выражается в росте внутрирегиональной торговли, увеличении доли промежуточных товаров и снижении предсказуемости глобальных линейных сервисов. В этих условиях стратегия логистической компании должна эволюционировать от модели глобальной оптимизации, ориентированной на масштаб и эффективность, к модели региональной устойчивости, основанной на диверсификации, гибкости и партнерской интеграции. Ключевыми элементами адаптации выступают развитие интермодальных маршрутов, обеспечивающих перераспределение потоков между видами транспорта; расширение фидерных сервисов, связывающих локальные грузопотоки с магистральными хабами; цифровизация процессов управления, повышающая прозрачность перевозок; а также системное управление рисками. Для операторов, ориентированных на российско-азиатские коридоры, наиболее перспективной является ниша интегрированного логистического оператора, контролирующего несколько звеньев цепи поставок[11, 12].

Таким образом, адаптация к фрагментации требует пересмотра стратегической парадигмы. Устойчивость в условиях неопределенности обеспечивается не масштабом флота или минимальной ставкой фрахта, а способностью оператора перестраивать маршруты, выстраивать партнерства с ключевыми узлами региональной инфраструктуры и предлагать клиенту комплексное логистическое решение. В Тихоокеанской Азии эта способность становится главным фактором конкурентоспособности.

Литература

1. Шмелев С.В. Цифровизация логистики: тенденции и проблемы / С.В. Шмелев // Мировая наука. 2025. № 3 (96). С. 88-92.

2. Жук М.А. Моделирование системы поддержки оптимизации логистических цепочек поставок / М.А. Жук, И.А. Цыганова // Инновации и инвестиции. 2016. № 12. С. 104-108.

3. Киселёв Е.Е. Глокализация как тренд современной логистической координации // Профессорский журнал. Серия: Экономические науки. 2026. №1 (9). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/glokalizatsiya-kak-trend-sovremennoy-logisticheskoy-koordinatsii (дата обращения: 13.05.2026).

4. Резников С. Н. Россия в условиях глобальной трансформации цепей поставок: логистический аспект // Вестник РГЭУ РИНХ. 2013. №3 (43). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rossiya-v-usloviyah-globalnoy-transformatsii-tsepey-postavok-logisticheskiy-aspekt (дата обращения: 13.05.2026).

5. Каценко, В. В. Ключевые барьеры, проблемы и ограничения в международных логистических коммуникациях для российских компаний в условиях санкций / В. В. Каценко // Экономика, предпринимательство и право. – 2026. – Т. 16, № 3. – С. 1645-1660.

6. Романенко В.В., Молчанов И.Н. Экстерналии санкционного воздействия на экономику России // Государственное управление. Электронный вестник. – 2024. – № 104. – с. 181-194.

7. Симонов К.В. Российская логистика и управление цепями поставок: вызовы и актуальные решения // Управленческие науки. – 2024. – № 1. – с. 71-87.

8. Берстень Е.В. ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПЦИИ «ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК». ПРОГНОЗ НА 2023-2024 ГГ. В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК В РОССИИ И КИТАЕ / Е.В. Берстень, Ю. Ван // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — №6 (132).

9. Костенко П. М., Худояров И. В., Кириллова Л. К. Адаптация логистической системы многонациональной компании к условиям зарубежного рынка // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 13. – С. 3001–3005.

10. Лунев Н. В. Надежность стратегического партнерства в условиях современных геополитических вызовов и угроз // Общество: политика, экономика, право. 2026. № 3.

11. Дмитриева С. И. Логистическое стратегирование как фактор глобальной конкурентоспособности бизнеса // Стратегирование: теория и практика. 2025. Т 5. № 3. С. 390-410.

12. Веремейчук И. И. Преимущества автомобильного транспорта в логистике // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: Материалы X Международной научно-практической конференции, в рамках 10-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики, Горловка, 31 мая 2024 года. – Горловка: Донецкий национальный технический университет. Горловка, 2024. – с. 488-491.

Adapting a logistics company's strategy to supply chain fragmentation in pacific Asia: from global optimization to regional sustainability

Paletskaya E.V.
Admiral Nevelskoy Maritime State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the transformation of strategic approaches of transport and logistics companies in the context of fragmentation of global supply chains and restructuring of the external economic environment in Pacific Asia. The thesis on the transition from a global optimization model focused on minimizing costs and maximizing the efficiency of linear services to a regional sustainability model involving route diversification, the development of intermodal solutions, partnership integrations with port hubs, and digital adaptation is substantiated. Based on the analysis of macroeconomic, infrastructural and institutional factors, it is shown that the key challenge for logistics operators is the high volatility of the container market, sanctions restrictions and infrastructural unevenness. It is concluded that the adaptation of the strategy is reflected in the formation of specialized niches, feeder services and control over individual links of cross-border supply chains, which is especially important for operators focused on Russian-Asian trade corridors.

Keywords: logistics strategy, fragmentation of supply chains, Pacific Asia, intermodal transportation, regional sustainability, container market, port infrastructure, external economic environment.

References

1. Shmelev S.V. Digitalization of logistics: trends and problems / S.V. Shmelev // World Science. 2025. No. 3 (96). pp. 88-92.
2. Zhuk M.A. Modeling of the logistics supply chain optimization support system / M.A. Zhuk, I.A. Tsyganova // Innovation and investment. 2016. No. 12. pp. 104-108.
3. Kiselev E.E. Glocalization as a trend of modern logistic coordination // Professorial Journal. Series: Economic Sciences. 2026. No. 1 (9). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/glokalizatsiya-kak-trend-sovremennoy-logisticheskoy-koordinatsii (date of request: 05/13/2026).
4. Reznikov S. N. Russia in the context of global transformation of supply chains: a logistical aspect // Bulletin of the Russian State Economic University of Economics. 2013. No. 3 (43). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rossiya-v-usloviyah-globalnoy-transformatsii-tsepey-postavok-logisticheskiy-aspekt (accessed: 05/13/2026).
5. Katsenko, V. V. Key barriers, problems and limitations in international logistics communications for Russian companies under sanctions / V. V. Katsenko // Economics, entrepreneurship and Law. – 2026. – Vol. 16, No. 3. – pp. 1645-1660.
6. Romanenko V.V., Molchanov I.N. Externalities of the sanctions impact on the Russian economy // Public Administration. Electronic Bulletin. – 2024. – No. 104. – pp. 181-194.
7. Simonov K.V. Russian logistics and supply chain management: challenges and current solutions // Management Sciences. – 2024. – No. 1. – pp. 71-87.
8. Bersten E.V. EVOLUTION OF THE CONCEPT OF "SUPPLY CHAIN". FORECAST FOR 2023-2024. IN THE FIELD OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN RUSSIA AND CHINA / E.V. Bersten, Yu. Wang // International Scientific Research Journal. — 2023. — №6 (132).
9. Kostenko P.M., Khudoyarov I. V., Kirillova L. K. Adaptation of the logistics system of a multinational company to the conditions of the foreign market // Scientific and methodological electronic journal "Concept". 2015. Vol. 13, pp. 3001-3005.
10. Lunev N. V. Reliability of strategic partnership in the context of modern geopolitical challenges and threats // Society: politics, economics, law. 2026. No. 3.
11. Dmitrieva S. I. Logistics strategizing as a factor of global business competitiveness // Strategizing: theory and practice. 2025. Vol. 5. No. 3. pp. 390-410.
12. Veremeychuk I. I. Advantages of motor transport in logistics // Scientific and technical aspects of the development of the motor transport complex: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, within the framework of the 10th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic, Gorlovka, May 31, 2024. – Gorlovka: Donetsk National Technical University. Gorlovka, 2024. – pp. 488-491.

Информационный анализ экономики стран Европы на основе данных о ВВП

Пичугин Юрий Александрович
д.ф-м.н., профессор кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, yury-pichugin@mail.ru,

Пушкина Вера Павловна
к.э.н., доцент кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, vera150465@yandex.ru,

Филимонова Елена Геннадиевна
к.э.н., доцент кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, elenaf3@yandex.ru

В статье проведена оценка внутренних экономических связей стран Европы, выявлены наиболее значимые субъекты экономических отношений. Проведенное исследование опирается на модель информационного анализа, в которой имеется возможность учитывать либо игнорировать частичное отсутствие данных.
Ключевые слова: ВВП, факторная модель, количество информации по Шеннону, информационный анализ, информационная значимость.

Введение

В настоящей работе мы проанализируем внутренние экономические связи стран Европы и определим наиболее влиятельных акторов европейской экономики. При этом будет использован сравнительно новый аппарат информационного анализа, теоретическая основа которого впервые была опубликована в работе [1] и развита в ряде последующих прикладных работ [2, 3, 4].

В качестве исходных данных использованы данные сайта Kaggle [8], где даны годовые значения ВВП стран в миллиардах долларов США с 1975 по 2025 год. Почему для данного анализа, то есть анализа экономических связей выбран именно этот показатель ВВП – валовой внутренний продукт?

Во-первых, ВВП с 1991 года является ключевым индикатором в макроэкономических расчетах ООН.

Во-вторых, ВВП – это совокупная стоимость всех произведенных на территории страны товаров и услуг, то есть этот показатель отражает в некотором смысле, размер экономики страны.

Возможно, интереснее было бы использовать ВВП в расчете на единицу населения, как показатель оценивающий уровень экономической активности, однако в таком виде он чаще используется для оценки уровня материального благосостояния населения, для сравнения уровня жизни населения и очень редко для оценки динамики экономического роста. С другой стороны, рейтинг стран по ВВП на душу населения, опубликованный МВФ (Международный Валютный Фонд), в первую тройку включает Люксембург, Ирландию и Швейцарию, а, следовательно, для поставленных в данной работе целей вряд ли пригоден.

Как мы увидим ниже, данные по анализируемым странам содержат пропуски (см. ниже табл. 1), т. е. периоды наблюдений неодинаковы. Это обусловлено тем, что ряд стран, входящих в состав ЕС образовались как самостоятельные единицы после распада СССР (страны Прибалтики – Латвия, Литва и Эстония) и Чехословакии (Чехия и Словакия) и Югославии (Словения, Хорватия, Македония, Босния и Герцеговина, Сербия и Черногория). Однако именно этот факт отсутствия данных за часть рассматриваемого периода и представляет для нас определенный научный интерес. В вышеупомянутой работе [1] предлагается две различных методики информационного анализа: с учетом пропусков данных и без учета. В первом случае оценка информативности компонента таблицы, имеющего пропуски данных, повышается, а во втором – снижается. Это позволяет исследователю сделать самостоятельный выбор и тем самым либо повысить информационную значимость данных с пропусками, если таковые имеют для него особый интерес, либо дать информативности этих данных снизится естественным образом в зависимости от того, насколько много пропусков они содержат.

Таким образом, настоящая работа имеет две цели: проанализировать европейские страны с точки зрения выявления наиболее влиятельных экономик, а также исследовать и оценить возможности аппарата информационного анализа при наличии пропусков данных [1, 4]. Кроме того, используя двойственную модель факторного анализа, мы попытаемся выявить и наиболее значимые для экономики европейских стран годы из рассматриваемого периода.

Исходные данные

Как было указано выше, исходные данные взяты с сайта [8]. Ниже в табл. 1 приводятся сведения о наличии данных, а, соответственно, и пропусков в этих данных, значение среднегодового прироста ВВП – представляет собой вычисленный по исходным данным коэффициент β_1 линейного тренда

$$ВВП(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon,$$

где t – год, а также значение ВВП на конец периода наблюдений (2025 г.).

Таблица 1
ВВП стран Европы в миллиардах долларов США за период 1975 – 2025 гг.[8]

№ п/п	Страна	Период наблюдений	Число лет	Среднегодовой прирост (β_1)	Значение на 2025 г.
1	Австрия	1975 - 2025	51	10244,00	534301
2	Бельгия	1975 - 2025	51	12442,95	684864
3	Болгария	1975 - 2025	51	1293,76	117007
4	Венгрия	1975 - 2025	51	4106,51	237070
5	Германия	1975 - 2025	51	87489,12	4744804

6	Греция	1975 - 2025	51	5211,48	267348
7	Дания	1975 - 2025	51	8220,39	449940
8	Ирландия	1975 - 2025	51	10858,05	598840
9	Испания	1975 - 2025	51	34609,99	1799511
10	Италия	1975 - 2025	51	45772,65	2422855
11	Кипр	1975 - 2025	51	715,98	38736
12	Латвия	1992 - 2025	34	1296,14	45535
13	Литва	1995 - 2025	31	2499,69	89192
14	Люксембург	1975 - 2025	51	1890,41	96613
15	Мальта	1975 - 2025	51	435,97	25750
16	Нидерланды	1975 - 2025	51	22546,13	1272011
17	Польша	1975 - 2025	51	16097,75	979960
18	Португалия	1975 - 2025	51	6043,35	321440
19	Румыния	1975 - 2025	51	6151,87	403395
20	Словакия	1993 - 2025	33	4201,46	147031
21	Словения	1992 - 2025	34	1634,09	75224
22	Финляндия	1975 - 2025	51	5991,21	303945
23	Франция	1975 - 2025	51	60337,87	3211292
24	Хорватия	1992 - 2025	34	2237,06	98951
25	Чехия	1995 - 2025	31	9716,18	360244
26	Швеция	1975 - 2025	51	11937,22	620297
27	Эстония	1993 - 2025	33	1311,50	45004

На рис. 1 представлены лидеры экономики европейских государств по темпам среднегодового прироста ВВП и по значению на 2025 г.

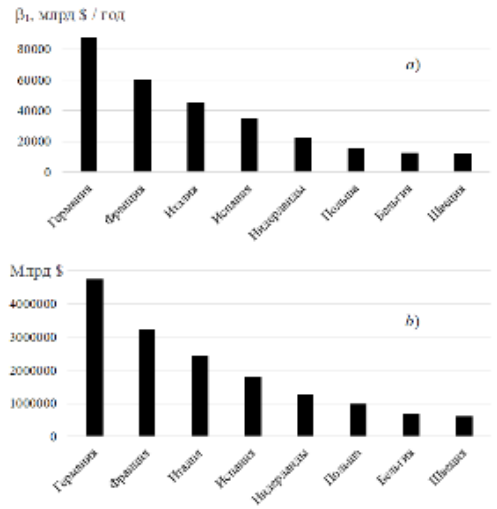


Рис. 1. Темпы роста (β_1) среднегодовых значений ВВП – a); значения ВВП на 2025 г. – b)

Как видно из рис. 1, безусловным лидером экономики европейских стран как по темпам роста, так и по значению на конец рассматриваемого периода является Германия, которую догоняют Франция и Италия.

Метод информационного анализа

В нашем информационном анализе значения ВВП по всем странам Европы за любой конкретный год мы будем представлять случайным вектором **y** размерности 27 (dim**y** = m = 27). Значения каждой компоненты этого вектора суть годовое отклонение ВВП соответствующей страны от среднего значения за весь период наблюдений. По исходным данным для вектора **y** строится факторная модель [5]

$$\mathbf{y} = \mathbf{L}\mathbf{f} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1)$$

где **L** есть матрица факторных нагрузок, **f** – вектор факторов, **ε** – вектор погрешностей модели (1). Предполагается, что компоненты вектора **ε** взаимно независимы, имеют нулевое среднее значение и одинаковую дисперсию σ^2.

Модель (1) непосредственно связана с моделью главных компонент [6]

$$\mathbf{y} = \mathbf{P}\mathbf{z} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (2)$$

где **P** есть матрица, состоящая из взаимно ортогональных столбцов, **z** – вектор главных компонент. Вектор **ε** в модели (2) абсолютно тот же, что и в модели (1). Переход от модели (2) к модели (1) осуществляется умножением матрицы **P** на квадратный корень из ковариационной матрицы вектора **z**, т. е. $\mathbf{L}=\mathbf{P}\mathbf{V}^{1/2}$.

Матрица **V** имеет диагональную структуру, $\mathbf{V} = \mathrm{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_k)$, где диагональные элементы суть дисперсии главных компонент (элементов **z**). Количество факторов, т. е. размерность вектора **f** в модели (1) и вектора **z** в модели (2) определяется из анализа значений дисперсий вектора **z**, (т. е. из анализа спектра ковариационной матрицы вектора **y**, см. ниже и [6]).

Учет пропусков данных осуществляется на этапе вычисления ковариационной матрицы исходного вектора **y**, приведением которой к диагональному виду мы и получаем спектр (дисперсии) главных компонент. При учете пропусков оценка ковариации любой пары компонент y_i и y_j ($\mathrm{cov}(y_i, y_j)$) осуществляется делением суммы попарных произведений отклонений этих элементов от своих средних значений на количество ненулевых значений этой суммы, а при отсутствии учета пропусков, на общее значение, равное длине периода n (n = 51) всех наблюдений (детали вычислительной схемы см. [1, 4]).

Пусть **q** есть подмножество номеров компонент вектора **y**, т. е. $\mathbf{q} \subset \{1, 2, \ldots, m\}$. Обозначим через $\mathbf{y_q}$ вектор, который содержит компоненты **y** только с номерами из **q**. Тогда, согласно [1], количество информации по Шеннону (I), которое содержится в векторе $\mathbf{y_q}$ относительно факторов, вычисляется, соответственно,

$$I(\mathbf{y_q}, \mathbf{f}) = \frac{1}{2}\log_a \det\left(\mathbf{I} + \sigma^{-2}\mathbf{L}_\mathbf{q}^T\mathbf{L}_\mathbf{q}\right), \quad (3)$$

где константа a ($a > 0$) определяет масштаб единиц информации, **I** – единичная матрица, матрица $\mathbf{L_q}$ содержит строки матрицы **L** только с номерами из **q**, T – знак транспонирования, а величина σ^2 оценивается как среднее арифметическое дисперсий отброшенных главных компонент, не участвующих в модели (2)

$$\sigma^2 = \frac{1}{m-k}\sum_{j=k+1}^{m}\lambda_j.$$

Следует отметить, что при вычислении количества информации по Шеннону используется только смещенное оценивание.

Наращивая количество элементов **q** от нуля до m и максимизируя (3) на каждом шаге отбора, мы получаем последовательность значений количества информации $\{I_j\}_{j=0}^{m}$ ($I_0 = 0$). Однако наиболее удобно рассматривать последовательность относительных приращений количества информации $\{\Delta I_j\}_{j=1}^{m}$, где $\Delta I_j = 100\% \cdot \frac{I_j - I_{j-1}}{I_m}$, а I_m есть полное количество информации, равное

$$I_m = I(\mathbf{y}, \mathbf{f}) = \frac{1}{2}\log_a \det\left(\mathbf{I} + \sigma^{-2}\mathbf{L}^T\mathbf{L}\right).$$

Одновременно с последовательностью приращений количества информации мы получаем и последовательность стран в порядке убывания информационного вклада относительно скрытых факторов экономики, а по сути, их влияния на общую экономическую ситуацию.

Заметим, что элементы последовательности относительных приращений количества информации не зависят от выбора основания логарифма a.

Использование модели (1) и вышеизложенного алгоритма, основанного на формуле (3), позволяет выделить страны, дающие наибольшее количество информации относительно скрытых факторов, и определяющих экономику Европы в целом. Это означает, что данные страны наиболее сильно связаны с этими факторами, а следовательно, оказывают наибольшее влияние на общий экономический фон, т. к. суть информации – это корреляционные связи.

Заметим, что сами компоненты вектора **y** не участвуют в вычислениях количества информации (см. формулу (3)). Это позволяет нам одновременно построить и двойственную (1) факторную модель

$$\mathbf{y}' = \mathbf{L}'\mathbf{f} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (4)$$

где компонентами вектора $\mathbf{y}'$ являются величины, связанные не со странами, а с годами рассматриваемого периода.

Пусть оценка ковариационной матрицы **y** вычислялась как $\frac{1}{n}\mathbf{Y}\mathbf{Y}^T$, где **Y** матрица центрированных значений ВВП. Тогда матрица факторных нагрузок двойственной модели вычисляется по формуле [3]

$$\mathbf{L}' = \frac{1}{\sqrt{n}}\mathbf{Y}^T\mathbf{P},$$

где матрица **P** берется из модели (2). При этом значение σ^2 ненужно умножать на отношение n/m, как и саму матрицу факторных нагрузок на корень из этого отношения, в силу независимости количества информации от масштаба, что, в общем, видно и из самой формулы (3).

Результаты анализа

На рис. 2 представлен спектр ковариационной матрицы вектора **y**, вычисленный с учетом пропусков. Значения даны в процентах от общей дисперсии, т. е. от следа ковариационной матрицы.

Следует сразу отметить, что такой вид графика спектра говорит об очень сильной связности экономики ЕС в целом. С другой стороны, чуть заметный отрыв от оси второго спектрального значения позволяет нам

рассматривать факторную модель не более чем с двумя факторами (k = 2, см. выше).

Мы здесь не приводим результат вычисления спектра ковариационной матрицы вектора **y** при отсутствии учета пропусков, т. к. графически эти спектры не различимы.

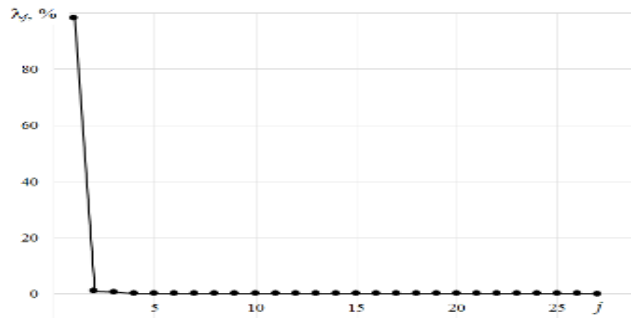


Рис. 2. Спектр ковариационной матрицы вектора отклонений от среднего за период наблюдений значений ***y***

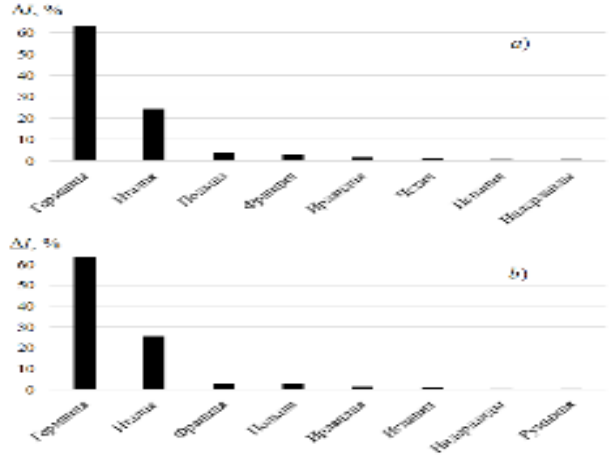


Рис. 3. Результаты информационного анализа стран ЕС: a – с учетом пропусков; b – без учета пропусков

На рис. 3 представлены результаты информационного анализа с учетом пропусков данных (рис. 3.*a*) и без учета пропусков (рис. 3.*b*).

То, что Германия оказалась самой влиятельной в экономическом смысле страной не удивительно. Несколько неожиданно, что Францию по общему влиянию (большей связью с факторами, управляющими экономикой Европы) существенно превосходит Италия. Но еще более интересный результат состоит в том, что учет пропусков ставит Польшу впереди Франции. Ответ на этот вопрос лежит в табл. 1, где видно, что имеет место недостаток данных по странам восточной Европы Чехии, Словакии, Словении, Сербии и другим, а также по странам Прибалтики, т. е. по странам, которые являются соседями Польши и, несомненно, существенно связаны с ней экономически. Учет пропусков увеличивает информационную значимость этих стран, т. е. по сути значимость их экономического влияния, которое оказывается в первую очередь на соседнюю Польшу, а следовательно, в силу симметрии количества информации в его изначальном определении (см. [1]), увеличивает информационное значение (оценку экономического влияния) и самой Польши. Кроме того, как было отмечено выше, до 1991 года страны восточной Европы входили в иное экономическое сообщество – Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ) и соответственно их связи с Евросоюзом были достаточно ограничены.

И наконец, на рис. 4 представлен результат информационного анализа годов рассматриваемого периода.

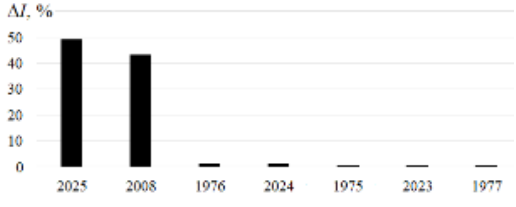


Рис. 4. Результат информационного анализа лет, входящих в рассматриваемый период

Кроме напряженной ситуации последних лет анализ выделяет 2008 год, который, как известно, был началом мирового экономического кризиса [7].

Заключение

В результате проделанной работы было показано, что информационный анализ является достаточно эффективным средством исследования взаимного влияния элементов, в данном случае, экономической системы Европы.

Выявлены интересные факты: как, например, существенное экономическое влияние Италии на общую экономику Европы; увеличение оценки экономического влияния Польши за сет учета пропусков данных у её ближайших соседей.

Кроме этого, была продемонстрирована эффективность и двойственной модели информационного анализа.

Однако работу по его адаптации к различным типам статистической информации сложно считать завершенной, а, следовательно, авторы нацелены на построение экономико-математической модели с использованием информационного анализа, с целью выявления значимых зависимостей или факторов в развитии как экономики нашей страны в целом, так и отдельных ее регионов в частности.

Литература

1. Пичугин Ю. А. Особенности использования информации по Шеннону в задачах, связанных с линейной регрессией // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. Том 12, № 3, 2019. С. 164–176.

2. Pichugin Yu. A., Ivasghova V. A., Goncharov V. N., Kolosova O. U. A New Focus on Research Strategies in Determining the Structure of the Motivational Field of Scientific and Pedagogical Staff of Agricultural Universities // European Journal of Contemporary Education. 2022. 11(1), pp 138-146.

3. Гусман Ю. А., Ивашова В. А., Пичугин Ю. А. Двойственность задачи информационного упорядочивания результатов анкетирования в социологических исследованиях // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем: Четвертая Всероссийская науч. конф. (СПб., 18-22 апреля 2023 г.): сб. докл. – СПб.: ГУАП, 2023. – 294 с. (Стр. 11-15).

4. Пичугин Ю. А. Информационный анализ данных с учетом пропусков //Математические методы и модели в высокотехнологическом производстве: VМеждунар. форум (СПб, 3 декабря 2025 г.) сб. тез. докл. в 2 ч. Ч. 1. – СПб.: ГУАП, 2025. 529 с. (Стр. 27-30).

5. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: изд-во Мир, 1967. – 144 с.

6. Пичугин Ю. А. Замечания к использованию главных компонент в математическом моделировании // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2018. Т. 11. № 3. С. 74–89.

7. Сумароков В. Н. Европейская интеграция: испытание кризисом // Экономические науки. 2012. №12(97). С. 185-191.

8. https://www.kaggle.com/datasets/codebynadiia/gdp-1975-2025 (последнее обращение 06.04.2026)

Informational analysis of the economy of European countries based on gdp data

Pichugin Yu.A., Pushkina V.P., Filimonova E.G.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article assesses the internal economic ties of European countries and identifies the most significant actors in economic relations within the EU. The study is based on an information analysis model that allows for the possibility of accounting for or ignoring partial data omissions.

Keywords: GDP, factor model, Shannon information quantity, information analysis, information significance.

References

1. Pichugin Yu. A. The Shannon information quantity in the tasks associated with linear regression: usage pattern // St. Petersburg Polytechnical State University Journal. Physics and Mathematics. Vol. 12, No. 3, 2019. Pp. 164–176.
2. Pichugin Yu. A., Ivashova V. A., Goncharov V. N., Kolosova O. U. A New Focus on Research Strategies in Determining the Structure of the Motivational Field of Scientific and Pedagogical Staff of Agricultural Universities // European Journal of Contemporary Education. 2022. 11(1), pp 138-146.
3. Gusman Yu. A., Ivashova V. A., Pichugin Yu. A. Duality of the problem of information ordering survey results in sociological research // Modeling and situational quality management of complex systems: Fourth All-Russian scientific. conf. (St. Petersburg, April 18-22, 2023): collection of reports. - St. Petersburg: GUAP, 2023. - 294 p. (pp. 11-15).
4. Pichugin Yu. A. Gap-aware data analysis // Mathematical methods and models in high-tech production: V International forum (St. Petersburg, December 3, 2025) collection of report abstracts in 2 parts. Part 1. - St. Petersburg: GUAP, 2025. 529 p. (pp. 27-30).
5. Lawley D., Maxwell A. Factor analysis as a statistical method. Moscow: Mir Publishing House, 1967. 144 p.

От заимствования образцов к собственной модели: качественный переход национальных экономик в мировом хозяйстве

Серегина Антонина Александровна
доктор политических наук, доцент, профессор кафедры мэо и внешнеэкономических связей, Дипломатическая академия Мгимо Мид России, a.seregina@dipacademy.ru

В статье показано, что мировая экономика и её национальные подсистемы развиваются не только количественно, но и через качественные переходы, меняющие саму структуру хозяйства. Каждая догоняющая экономика рано или поздно сталкивается с переломным моментом: продолжать заимствовать чужие образцы или перейти к созданию собственной модели развития. Выделены две последовательные стороны такого перехода — фаза заимствования и рубеж прорыва, образующие единую логику саморазвития экономической системы. Эмпирической базой служат три крупнейшие развивающиеся экономики — Китай, Индия и Бразилия, представляющие три различных типа прохождения перехода. Научная новизна состоит в описании качественного перехода как обязательной двухфазной последовательности и в формулировке трёх эмпирически проверяемых признаков его успешного прохождения. Показано, что секторальные прорывы сами по себе не обеспечивают системный переход, а внешнее давление при определённых условиях выступает его ускорителем.

Ключевые слова: мировая экономика, догоняющее развитие, качественный переход национальной экономики, заимствование технологий, собственная модель развития, ловушка среднего дохода, БРИКС, Китай, Индия, Бразилия, полицентричное мирохозяйство.

Введение

Мировое хозяйство меняется быстрее, чем успевают меняться его описания в учебниках. Привычные представления о том, что развитие любой национальной экономики сводится к постепенному сближению с уровнем стран-лидеров, сталкиваются с реальностью, в которой глобальные производственные цепочки разрываются, технологические платформы обособляются, а международная торговля всё больше идёт по региональным правилам [7]. События 2022–2025 годов — перестройка энергетических рынков, развёртывание промышленных программ поддержки производства в США и ЕС, ограничение трансграничных технологических потоков, рост доли региональных соглашений — указывают на то, что фрагментация стала устойчивой характеристикой мирового хозяйства первой четверти XXI века. В этих условиях национальные экономики, оставшиеся на стадии заимствования чужих успешных решений, теряют прежние преимущества: догонять становится не у кого и не по чему.

В основе предлагаемой работы лежит простая мысль: экономика страны — не машина, растущая или сжимающаяся по внешней команде, а система, развивающая себя сама. Она накапливает опыт, перерабатывает его и в определённые моменты меняется качественно — становится чем-то иным, чем была раньше. Такие качественные переходы и определяют то, какое место страна занимает в мировом хозяйстве.

Цель статьи — показать, как именно совершается такой переход и какие условия должны сложиться, чтобы национальная экономика смогла его пройти. Основной тезис: переход идёт в два последовательных шага. Сначала страна проходит фазу заимствования — перенимает чужие технологии, институты и управленческие решения, доказавшие эффективность в странах-лидерах. Затем — и это самое трудное — она должна пройти переломный момент, после которого заимствованное перестаёт быть копией и становится основой её собственной модели развития. Именно в этом моменте, а не в самой по себе способности копировать, решается судьба страны в мировой экономике.

Научная новизна исследования формулируется с учётом того, что отдельные её элементы имеют параллели в смежных исследованиях: в моделях поэтапного перехода от имитационного к собственному росту (А. Гершенкрон, работы по поглощающей способности), в дискуссии о ловушке среднего дохода и в концепции национальных инновационных систем. Вклад настоящей статьи состоит в их сведении в компактную и прикладную рамку. Во-первых, качественный переход описан как обязательная двухфазная последовательность, в которой фаза заимствования и рубеж прорыва связаны единой логикой саморазвития. Во-вторых, сформулированы необходимые условия прохождения рубежа, не сводимые ни к уровню ВВП на душу населения, ни к объёму расходов на НИОКР: решающим является сочетание накопленных компетенций, институциональной среды, стратегического замысла и долгосрочной политической воли. В-третьих, предложены три операционализируемых признака успешного прохождения рубежа. В-четвёртых, обосновано положение о том, что секторальные прорывы сами по себе не обеспечивают системный переход, а внешнее давление при определённых условиях способно играть роль его ускорителя.

Работа построена следующим образом: в первом разделе уточняется, что значит рассматривать мировую экономику как систему, развивающуюся сама из себя; во втором раскрывается понятие качественного перехода и его отличие от обычного роста; третий описывает внутреннее устройство такого перехода и предлагает операционализацию его признаков; четвёртый проверяет предложенные идеи на опыте Китая, Индии и Бразилии и сопровождается количественной таблицей; пятый обозначает ограничения исследования и направления дальнейшей работы.

1. Мировое хозяйство как система, развивающаяся сама из себя

Представление о мировой экономике как о живом, самостоятельно развивающемся целом не сводится к метафоре. За ним стоит накопленная за десятилетия научная традиция. Работы И. Пригожина и Г. Хакена по поведению сложных открытых систем [6; 8] показали, что системы, обменивающиеся со средой энергией и информацией, способны сами порождать новый порядок, а не только подчиняться внешним воздействиям. В эволюционной экономической теории Р. Нельсона и С. Уинтера [5] хозяйственная жизнь была впервые описана как совокупность устойчивых практик — рутин, — которые постоянно видоизменяются,

отбираются и передаются дальше. А. Гершенкрон [2] показал, что догоняющие экономики не повторяют путь лидеров, а вырабатывают собственные институциональные конфигурации, ускоряющие развитие. И. Валлерстайн [1] рассмотрел мировую экономику как единое историческое целое, внутри которого сложились центр, периферия и промежуточные зоны. К. Фримен [12] и Б.-О. Лундвалл [15] обратили внимание на то, что успех страны в технологическом развитии в значительной мере зависит от плотности связей между её наукой, государством и бизнесом. В отечественной традиции представление о мировой экономике как многоукладной эволюционирующей системе развивалось в работах о мирохозяйственных и технологических укладах [3].

Если обобщить эти подходы, мировая экономика предстаёт как открытое, исторически сложившееся целое хозяйственных связей, обладающее собственной памятью и способное изнутри порождать новые формы производства, обмена и распределения. Слово «живое» означает не биологическое подобие, а способность к качественному самоизменению: каждое следующее состояние системы несёт в себе возможность отклонения от предыдущего, и сумма таких отклонений складывается в её историю. Саморазвитие означает, что источник качественных изменений находится внутри самой системы — в несовпадении интересов, привычек и институциональных устройств её частей.

Перечисленные традиции возникли в разных областях науки, но их объединяет взгляд на экономические системы как на исторически развивающиеся целостности, воспроизводство которых принципиально отличается от механического повторения. Это позволяет использовать их положения как взаимодополнительные: термодинамический взгляд даёт представление о неравновесных источниках нового порядка, эволюционный — о механизмах отбора и наследования хозяйственных практик, мир-системный — о структурной конфигурации связей на мировом уровне, инновационно-системный — о конкретных институциональных условиях, в которых эти связи воспроизводятся.

Из такого взгляда следует практический вывод: национальные экономики — не изолированные игроки и не пассивные получатели внешних сигналов. Они одновременно воспроизводят мировое хозяйство и способны своим развитием менять его общую конфигурацию. Поэтому анализ положения страны в мировой экономике должен учитывать не только текущие показатели, но и внутренний потенциал качественного изменения, которым она обладает.

2. Качественный переход: чем он отличается от обычного роста

Экономика страны может развиваться по-разному. Самый простой вид — количественный рост: увеличиваются объёмы производства, доходы, торговля, но структура хозяйства остаётся прежней. Более сложный вид — цикличные колебания: подъём, кризис, восстановление, при сохранении качественных характеристик. И, наконец, существует третий вид движения — момент, когда экономика перестаёт быть такой, какой была, и переходит на новый уровень организации. Этот третий вид и называется в работе качественным переходом.

Главная особенность качественного перехода в том, что его источник находится внутри самой экономики. Переход не сводится к ответу на внешний толчок и не является автоматическим продолжением технологического прогресса. Он происходит тогда, когда накопленные внутри системы противоречия и возможности достигают такого состояния, при котором прежняя структура уже не может эффективно воспроизводиться, а новая — становится возможной. В терминах больших волн Н. Кондратьева [4] и созидательного разрушения Й. Шумпетера [9] речь идёт не о смене фазы цикла, а о смене самой основы, по которой циклы развёртываются, — базовых технологий, институциональных правил и принципов хозяйствования. Переход от одного технологического уклада к другому сопровождается всплеском финансового капитала и структурными кризисами, последовательно изменяющими всю архитектуру мирового хозяйства [18].

Для страны качественный переход означает прежде всего изменение её места в международном разделении труда. До перехода она известна миру по одним товарам и ролям — как поставщик сырья, «сборочный цех», рынок дешёвого труда. После перехода те же страны появляются в мировой экономике в другом качестве — как создатели технологий, стандартов, управленческих решений, обладатели собственного культурного почерка в своей продукции.

Здесь важно уточнение: качественный переход — не то же самое, что успешная модернизация. Модернизация опирается на перенос того, что уже существует и работает в других странах; её предел — достижение сходства с признанными лидерами. Качественный переход начинается там, где сходство уже достигнуто, а страна делает следующий шаг: превращает перенятое в опору для своего, не сводимого к чужому, хозяйственного лица.

3. Две стороны перехода: фаза заимствования и рубеж прорыва

Качественный переход удобно разобрать через две его последовательные стороны. Первая — фаза заимствования: период, когда страна упорядоченно перенимает у лидеров мирового хозяйства технологии, институты и способы организации труда, уже доказавшие эффективность. Заимствование не предполагает слепого копирования — оно предполагает выбор того, что подходит местным условиям, приспособление перенятого к сложившейся культуре, связывание нового со старым так, чтобы не разрушить работающие основания. Эта фаза полезна с двух сторон: она даёт быстрое повышение производительности и включает страну в мировое хозяйство, а главное — формирует тот запас знаний, навыков и связей, без которого никакое дальнейшее самостоятельное движение невозможно.

Однако у фазы заимствования есть внутренний предел. Чем дольше страна воспроизводит чужие образцы, тем меньше отдача от каждого нового заимствования и тем выше издержки его поддержания. Экономика, не сумевшая преодолеть этот предел, попадает в так называемую ловушку среднего дохода [13]: она уже слишком дорогая, чтобы конкурировать с поставщиками дешёвого труда, и всё ещё недостаточно развитая, чтобы конкурировать с технологическими лидерами.

Выход из этой ловушки — то, что в работе называется рубежом прорыва. Это момент, когда накопленного в фазе заимствования потенциала либо хватает на то, чтобы превратиться в новое, уже собственное качество, либо не хватает — и тогда страна застывает в состоянии устойчивого, но невысокого развития. Прохождение рубежа не обеспечивается автоматически ни достижением определённого уровня ВВП на душу населения, ни ростом расходов на НИОКР. Оно требует одновременного сочетания нескольких условий: накопления собственных знаний и компетенций; институциональной среды, в которой допустимы риск, неудача и перепроверка устоявшихся решений [11]; стратегического замысла, не сводящегося к задаче догнать кого-то; политической готовности долго удерживать выбранный курс под внешним давлением.

Отношения между этими условиями не симметричны. Накопленные компетенции выступают необходимым, но недостаточным условием: без них рубеж вообще не возникает как возможность, но их наличие само по себе рубежа не открывает. Стратегический замысел и политическая воля формируют внешнюю рамку, в которой переход может быть реализован, однако без внутренней среды они остаются директивным предписанием. Ограничивающим звеном оказывается именно институциональная среда: она определяет, превратятся ли накопленные компетенции в новые формы организации производства и обмена или будут воспроизводиться в рамках прежней структуры. Поэтому страны, равные по формальным показателям уровня развития и объёма государственных вложений в НИОКР, могут существенно расходиться по способности проходить рубеж прорыва.

Прохождение рубежа можно узнать по трём внешним признакам. Первый — переход от преимущественно лицензионной к преимущественно собственной патентной активности в отраслях, определяющих положение страны в мировом хозяйстве. Второй — появление национальных компаний, которые не просто используют глобальные технологические стандарты, но участвуют в их создании. Третий — изменение структуры экспорта: в нём нарастает доля товаров и услуг, в которых заметна именно национальная добавленная стоимость — как технологическая, так и культурная.

Операционализация признаков. Для прикладного использования признаки нуждаются в количественной обработке. Предлагаются ориентиры, опирающиеся на типичные значения у стран, относительно которых в литературе существует консенсус о прохождении рубежа. Собственная патентная активность считается доминирующей при доле резидентских заявок в национальном патентном офисе не ниже 60%. Участие национальных компаний в формировании мировых стандартов фиксируется при устойчивом присутствии национальных фирм в технических комитетах профильных международных организаций стандартизации либо в составлении де-факто стандартов в не менее чем трёх высокотехнологичных отраслях. Изменение структуры экспорта фиксируется при доле высокотехнологичного экспорта не ниже 20% обрабатывающего экспорта и одновременном росте доли продукции с национальным происхождением ключевых компонентов. Пороги носят ориентировочный характер.

Рамка в контексте смежных подходов. Предлагаемая двухфазная рамка располагается в исследовательском поле, к которому относится ряд близких построений. Работы по поглощающей способности описывают условия, при которых экономика способна эффективно заимствовать внешние знания, и тем самым освещают содержательную сторону фазы заимствования. Модели поэтапной смены источников роста — от

имитационного к инновационному — формализуют общую логику перехода, оставляя за рамками его институциональный механизм. Концепция экономической сложности сопоставляет национальные экономики по структурной насыщенности их экспортных корзин и предлагает метрики, которые могут выступать одним из показателей собственной модели развития. Дискуссия о ловушке среднего дохода [13] фиксирует то состояние, в котором оказываются экономики, не прошедшие рубеж прорыва. Настоящая работа объединяет положения этих подходов в более широкую рамку, центральным элементом которой служит различение фазы заимствования и рубежа прорыва как двух обязательных сторон одного перехода.

4. Опыт Китая, Индии и Бразилии

Обоснование выборки. Выбор Китая, Индии и Бразилии обусловлен следующим. Все три страны — крупнейшие развивающиеся экономики мира; их совокупная доля в мировом ВВП по ППС превышает треть, а их траектории в наибольшей степени определяют перестройку архитектуры мирохозяйственных связей XXI века. Каждая прошла отчётливо идентифицируемую и продолжительную фазу заимствования: в Китае она началась с реформ 1978 года, в Индии — с либерализационного пакета 1991 года, в Бразилии — с программ стабилизации и открытия экономики 1990-х годов. Три случая представляют три различные конфигурации прохождения рубежа: массовую индустриализацию с переходом к технологическому лидерству в Китае [16]; прорыв через высокотехнологичный и сервисный сектор при ограниченной индустриализации в Индии [17]; секторальные прорывы при системной незавершённости перехода в Бразилии [10]. Такое методологическое разнообразие позволяет проверять универсальность концептуальной рамки. Все три страны — учредители БРИКС и ключевые партнёры России во внешнеэкономической деятельности.

Таблица 1

Избранные показатели положения Китая, Индии и Бразилии в мировом хозяйстве и их инновационных систем (последние доступные годы, 2020–2023)

Показатель	Китай	Индия	Бразилия
Доля в мировом ВВП по ППС, %	≈ 19	≈ 7–8	≈ 2–3
ВВП на душу населения по ППС, тыс. долл.	≈ 22	≈ 8	≈ 17
Доля обрабатывающей промышленности в ВВП, %	≈ 27	≈ 14	≈ 11
Расходы на исследования и разработки, % ВВП	2,4	0,6	1,3
Доля резидентских заявок в национальном патентном офисе, %	≈ 90	≈ 55	≈ 20
Доля высокотехнологичного экспорта в обрабатывающем экспорте, %	≈ 31	≈ 11	≈ 12
Начало фазы заимствования (год)	1978	1991	начало 1990-х

Примечание. Значения приведены в округлённом виде на основе открытых источников: WDI Всемирного банка, WIPO World Intellectual Property Indicators, статистика UNESCO и OECD Main Science and Technology Indicators за 2020–2023 гг. Незначительные расхождения возможны в зависимости от методики. Источник: составлено автором на основе открытых данных.

Данные таблицы 1 позволяют сделать три наблюдения, связанных с предложенной концептуальной рамкой. Во-первых, доля резидентских патентных заявок в национальных офисах трёх стран существенно различается: китайский показатель соответствует пороговому ориентиру по первому признаку (не ниже 60%); индийский находится в зоне перехода с тенденцией к преодолению порога; бразильский располагается значительно ниже. Во-вторых, доля высокотехнологичного экспорта в обрабатывающем экспорте Китая приближается к пороговому ориентиру по третьему признаку (не ниже 20%), тогда как для Индии и Бразилии этот показатель составляет около половины от порогового уровня. В-третьих, расхождение в интенсивности расходов на НИОКР (от 0,6% до 2,4% ВВП) само по себе не предсказывает положение страны на рубеже прорыва: бразильский показатель выше индийского при более слабой позиции по другим критериям, что подтверждает положение о нелинейной связи между объёмом вложений в науку и способностью экономики к качественному переходу.

Китай. Китайская Народная Республика — наиболее масштабный и ещё не завершённый пример рассматриваемого перехода. Реформы, начатые в конце 1970-х годов, три десятилетия шли главным образом в логике заимствования: привлечение иностранных инвестиций, встраивание в мировые производственные цепочки в роли «мировой фабрики», перенос отдельных институциональных решений без изменения политического устройства [16]. Последнее десятилетие отмечено заметным сдвигом. Открытая установка на технологический суверенитет, крупные государственные программы в области микроэлектроники и новых видов энергии, появление собственных цифровых платформ и промышленных компаний мирового масштаба свидетельствуют о переходе от заимствования к формированию собственной технологической базы. Хронологическое совпадение этого сдвига с торгово-технологическим противостоянием с США даёт основание рассматривать внешнее давление как фактор его ускорения; в литературе представлена и противоположная точка зрения, согласно которой санкционные ограничения, напротив, удорожают и замедляют китайский переход. В работе принимается следующая позиция: внешнее давление не является достаточным условием ускорения, но при наличии внутренней готовности способно играть роль катализатора. Динамика патентной активности, участие китайских компаний в формировании международных стандартов и сдвиг структуры экспорта в пользу продукции с высокой долей национальной добавленной стоимости свидетельствуют об активном прохождении рубежа прорыва.

Индия. Индийская экономика прошла содержательную фазу заимствования, отсчёт которой принято вести с либерализационного пакета 1991 года, устранившего сложный лицензионный режим и открывшего страну для иностранных инвестиций [17]. Последующие два десятилетия отмечены массовым заимствованием западных корпоративных практик, технологических решений и институциональных форм. Особенность индийской траектории, отличающая её от классических восточноазиатских образцов, состоит в том, что переход к собственной модели разворачивается преимущественно не через масштабную обрабатывающую индустриализацию, а через высокотехнологичный и сервисный сектор. Индийские компании в сфере ИТ заняли значимые позиции на мировом рынке аутсорсинга программного обеспечения и корпоративных услуг, перейдя от исполнения готовых заказов к самостоятельной разработке продуктов. Фармацевтическая отрасль превратилась в одного из крупнейших мировых поставщиков воспроизведённых лекарственных препаратов и обеспечивает значительную долю мирового предложения вакцин и дженериков. Национальная космическая программа со сравнительно скромным бюджетом обеспечила вывод автоматических станций к Луне и Марсу и участие Индии в мировых стандартах отрасли. Концепция низкозатратных инноваций фиксирует появление самостоятельной национальной модели технологического развития.

Вместе с тем индийский случай нельзя оценивать односторонне. Доля обрабатывающей промышленности в ВВП Индии удерживается на уровне около 14% (см. таблицу 1) и не обнаруживает устойчивого роста, а занятость в промышленности составляет около одной десятой экономически активного населения. Это даёт основание ряду исследователей ставить под сомнение сам факт прохождения Индией рубежа: в отсутствие массовой обрабатывающей базы сервисный и высокотехнологичный прорыв может оказаться анклавным явлением, не перестраивающим экономику как целое. Положение Индии разумно охарактеризовать как секторально неравномерное прохождение рубежа: по ряду показателей собственной модели развития Индия приближается к пороговым значениям, по другим — находится на стадии завершающегося заимствования.

Бразилия. Бразильская экономика представляет ценный контрастный случай. Фаза заимствования, отсчёт которой допустимо вести с программ стабилизации начала 1990-х годов и последующего открытия экономики, привела к появлению ряда секторов, демонстрирующих внешние признаки прохождения рубежа прорыва. В гражданском авиастроении национальная компания заняла устойчивое положение в числе мировых лидеров сегмента региональных лайнеров, участвуя в формировании отраслевых стандартов. В нефтегазовом комплексе освоены технологии глубоководной и сверхглубоководной добычи, значительная часть которых разработана национальными инженерами. В агропромышленном комплексе научно-технологическое обеспечение, организованное через систему государственных исследовательских институтов, позволило превратить ранее непригодные к сельскохозяйственному использованию территории в источник крупных экспортных потоков сои, говядины, птицы, сахара и кофе [10].

Содержательную оценку бразильского случая следует оговорить особо. Предлагаемая интерпретация состоит в том, что Бразилия прошла рубеж прорыва секторально, но не системно: её экономика в целом с 1980-х годов остаётся в состоянии ловушки среднего дохода, а собственная патентная активность располагается значительно ниже пороговых ориентиров (см. таблицу 1). В литературе представлена и более жёсткая интерпретация: согласно ей, страна после 1980-х годов пережила преждевременную деиндустриализацию — утрату обрабатывающей промышленностью её доли в ВВП до достижения уровня технологической зрело-

сти. Настоящая работа остаётся на более умеренной позиции: секторальные прорывы существуют и задокументированы, однако их суммарный эффект не обеспечил системного перехода. Опыт Бразилии демонстрирует принципиально важное положение: секторальный прорыв сам по себе не означает завершения системного перехода. Без распространения логики собственного развития на ключевые отрасли обрабатывающей промышленности прохождение рубежа остаётся незавершённым даже при наличии ярких отраслевых достижений.

Сравнительный вывод. Сопоставление трёх случаев позволяет сформулировать несколько положений. Во всех трёх странах качественный переход не достигался в обход фазы заимствования: длительная учёба у лидеров предшествовала появлению собственной модели. Но ни в одном случае переход не был автоматическим продолжением фазы заимствования. Китайский опыт показывает ускоряющую роль внешнего давления: китайско-американское противостояние конца 2010-х годов хронологически совпало с отчётливым сдвигом к собственной технологической базе. Индийский опыт демонстрирует возможность нелинейной траектории, в которой прорыв разворачивается через высокотехнологичный и сервисный сектор. Бразильский опыт показывает пределы секторального прорыва: без системного переноса логики самостоятельного развития на обрабатывающую промышленность страна может надолго оставаться в состоянии ловушки среднего дохода. Эти три траектории вместе покрывают пространство возможных сценариев прохождения рубежа прорыва и подтверждают плодотворность предложенной концептуальной рамки [11; 14].

5. Ограничения исследования и направления дальнейшей работы

Настоящая работа имеет ряд ограничений. Во-первых, концептуальная рамка иллюстрирована на трёх страновых случаях; расширение эмпирической базы за счёт стран на ранних стадиях перехода (Индонезия, Вьетнам, Турция, Иран, ЮАР) позволило бы уточнить формулировки. Во-вторых, работа не содержит эконометрического тестирования предложенных положений; её эмпирический слой остаётся сравнительно-историческим. В-третьих, авторская интерпретация отдельных страновых случаев (бразильского и отчасти индийского) соотносится с дискуссионными оценками в литературе; приведённые формулировки выражают осторожную позицию. В-четвёртых, динамический характер мирохозяйственных процессов означает, что показатели таблицы 1 нуждаются в регулярном обновлении; верификация рамки может быть проведена в будущих работах по мере поступления новых данных.

Заключение

Проведённое рассуждение позволяет сформулировать несколько взаимосвязанных выводов. Мировую экономику разумно рассматривать как открытую, исторически сложившуюся систему, развивающуюся не только количественно, но и через качественные переходы, меняющие её собственную структуру.

Такой переход имеет две последовательные стороны. Фаза заимствования — период упорядоченного перенимания успешных мировых образцов, в котором копится потенциал будущего прорыва. Рубеж прорыва — переломный момент, прохождение которого требует особого сочетания накопленных компетенций, институциональной среды и стратегического замысла. Эти стороны образуют единую логику перехода, в которой первая готовит вторую. Научная новизна постановки в том, что обе стороны рассматриваются как обязательные и связанные единой логикой саморазвития, а не как альтернативные стратегии.

Сравнительный анализ Китая, Индии и Бразилии подтверждает работоспособность такого взгляда и позволяет выделить три внешних признака успешного прорыва: переход к преимущественно собственной патентной активности, участие национальных компаний в создании мировых стандартов и изменение структуры экспорта в пользу продукции с национальной добавленной стоимостью. Китайский случай показывает, что внешнее давление выступает не препятствием, а ускорителем перехода; индийский — возможность нелинейной траектории через сервисный и высокотехнологичный сектор; бразильский — что секторальные прорывы сами по себе не обеспечивают системный переход.

Литература

1. Валлерстайн И. Мир-система Модерна. Т. I–IV. — М.: Русский фонд содействия образованию и науке, 2015–2016.
2. Гершенкрон А. Экономическая отсталость в исторической перспективе. — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. — 536 с.
3. Глазьев С. Ю. Рывок в будущее. Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах. — М.: Книжный мир, 2018. — 768 с.
4. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. — М.: Экономика, 2002. — 767 с.
5. Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. — М.: Дело, 2002. — 536 с.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.
7. Родрик Д. Парадокс глобализации. Демократия и будущее мировой экономики. — М.: Издательство Института Гайдара, 2014. — 576 с.
8. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980. — 404 с.
9. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. — М.: Эксмо, 2007. — 864 с.
10. Baer W. The Brazilian Economy: Growth and Development. — 7th ed. — Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, 2013. — 504 p.
11. Evans P. Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation. — Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995. — 344 p.
12. Freeman C. The Economics of Industrial Innovation. — Cambridge, MA: The MIT Press, 1997. — 470 p.
13. Gill I., Kharas H. An East Asian Renaissance: Ideas for Economic Growth. — Washington, DC: World Bank, 2007. — 366 p.
14. Kohli A. State-Directed Development: Political Power and Industrialization in the Global Periphery. — Cambridge: Cambridge University Press, 2004. — 482 p.
15. Lundvall B.-Å. (ed.) National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning. — London: Anthem Press, 2010. — 404 p.
16. Naughton B. The Chinese Economy: Adaptation and Growth. — Cambridge, MA: The MIT Press, 2018. — 592 p.
17. Panagariya A. India: The Emerging Giant. — Oxford: Oxford University Press, 2008. — 544 p.
18. Perez C. Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. — Cheltenham: Edward Elgar, 2002. — 198 p.

From borrowing patterns to one's own model: the qualitative transition of national economies in the world economy

Seregina A.A.
Diplomatic academy mgimo university

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The paper argues that the world economy and its national sub-systems develop not only quantitatively but also through qualitative transitions that change the very structure of economic life. Every catch-up economy sooner or later faces a turning point: to keep borrowing successful foreign patterns or to move on to building its own development model. Two successive sides of such a transition are distinguished — the borrowing phase and the breakthrough threshold — and are shown to form a single logic of economic self-development. The empirical base is provided by three of the largest developing economies — China, India and Brazil — representing three substantially different types of passing the transition. The scientific novelty consists in describing the qualitative transition as a mandatory two-phase sequence and in proposing three empirically verifiable signs of its successful completion. It is shown that sectoral breakthroughs by themselves do not secure a systemic transition, while external pressure under certain conditions acts as its accelerator.

Keywords: world economy, catch-up development, qualitative transition of a national economy, technology borrowing, own development model, middle-income trap, BRICS, China, India, Brazil, polycentric world economic order.

References

1. Wallerstein I. The Modern World-System. Vol. I–IV. Moscow, Russian Foundation for Promotion of Education and Science, 2015–2016. (In Russ.)
2. Gerschenkron A. Economic Backwardness in Historical Perspective. Moscow, Delo / RANEPA, 2015. 536 p. (In Russ.)
3. Glazyev S. Yu. A Leap into the Future. Russia in the New Technological and World-Economic Paradigms. Moscow, Knizhnyi mir, 2018. 768 p. (In Russ.)
4. Kondratieff N. D. The Long Waves of Conjuncture and the Theory of Anticipation. Selected Works. Moscow, Ekonomika, 2002. 767 p. (In Russ.)
5. Nelson R., Winter S. An Evolutionary Theory of Economic Change. Moscow, Delo, 2002. 536 p. (In Russ.)
6. Prigogine I., Stengers I. Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature. Moscow, Progress, 1986. 432 p. (In Russ.)
7. Rodrik D. The Globalization Paradox: Democracy and the Future of the World Economy. Moscow, Gaidar Institute Press, 2014. 576 p. (In Russ.)
8. Haken H. Synergetics. Moscow, Mir, 1980. 404 p. (In Russ.)
9. Schumpeter J. A. The Theory of Economic Development. Capitalism, Socialism and Democracy. Moscow, Eksmo, 2007. 864 p. (In Russ.)
10. Baer W. The Brazilian Economy: Growth and Development. 7th ed. Boulder, CO, Lynne Rienner Publishers, 2013. 504 p.
11. Evans P. Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1995. 344 p.
12. Freeman C. The Economics of Industrial Innovation. Cambridge, MA, The MIT Press, 1997. 470 p.
13. Gill I., Kharas H. An East Asian Renaissance: Ideas for Economic Growth. Washington, DC, World Bank, 2007. 366 p.
14. Kohli A. State-Directed Development: Political Power and Industrialization in the Global Periphery. Cambridge, Cambridge University Press, 2004. 482 p.
15. Lundvall B.-Å. (ed.) National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning. London, Anthem Press, 2010. 404 p.

Ключевые направления трансформации рынка электронной коммерции США

Слицкая Анна
магистр делового администрирования (mba), sl863a@gmail.com

Статья посвящена трансформации рынка электронной коммерции США в условиях цифровизации розничной торговли, концентрации платформенной власти, развития омниканальных моделей и усиления внешнеторговых ограничений. В отличие от работ, ограничивающихся описанием платформизации, гибридизации каналов и технологизации e-commerce, в исследовании предпринята попытка связать указанные направления с эмпирически фиксируемыми структурными сдвигами: ростом доли электронной коммерции в розничной торговле США с 11,9% в I кв. 2020 г. до 16,6% в IV кв. 2025 г., достижением годового объема онлайн-продаж 1,2337 трлн долл. в 2025 г., усилением роли Amazon и Shopify, совокупная доля которых оценивается в 49,7% американского рынка e-commerce. Методология включает сравнительный анализ статистики U.S. Census Bureau, аналитических оценок рыночной концентрации, построение индикаторов структурного сдвига и сценарную интерпретацию перспектив рынка. Обосновано, что дальнейшая трансформация рынка будет определяться не только внутренними цифровыми драйверами, но и противоречиями концентрации, ростом тарифной нагрузки, отменой режима de minimis для товаров из Китая и удорожанием трансграничной логистики. Научная новизна исследования состоит в выделении противоречивой модели развития рынка электронной коммерции США, при которой рост цифровой эффективности сопровождается усилением платформенной зависимости продавцов, регуляторных рисков и уязвимости cross-border моделей.

Ключевые слова: электронная коммерция, рынок электронной коммерции США, платформизация, Amazon, Shopify, омниканальная торговля, DTC-модели, тарифы, de minimis, трансграничная логистика.

Введение

Рынок электронной коммерции США является крупнейшим национальным сегментом цифровой розничной торговли и одновременно одной из наиболее динамичных площадок перестройки торговых моделей. В 2025 г. общий объем розничных онлайн-продаж США достиг 1,2337 трлн долл., увеличившись на 5,4% по сравнению с 2024 г.; доля e-commerce в общем объеме розничной торговли составила 16,4% против 16,1% годом ранее [15]. В IV кв. 2025 г. показатель доли электронной коммерции достиг 16,6% в сезонно скорректированном выражении, что подтверждает сохранение восходящего тренда после пандемийного скачка и последующей нормализации спроса [15].

Актуальность темы определяется тем, что рынок электронной коммерции США вступил в стадию, при которой количественный рост онлайн-продаж уже не объясняет содержание трансформации. Более значимыми становятся структурные изменения: укрупнение платформенных экосистем, зависимость продавцов от алгоритмов доступа к потребителю, перераспределение маржинальности между маркетплейсами и брендами, рост роли искусственного интеллекта и изменение трансграничной логистики под влиянием тарифной политики.

Степень разработанности проблемы достаточно высока. Российские и зарубежные авторы исследуют цифровую трансформацию розничной торговли, развитие маркетплейсов, омниканальные стратегии, технологизацию торговых процессов и правовую ответственность платформ [1–9]. Вместе с тем значительная часть публикаций рассматривает указанные направления как самостоятельные, не связывая их с измеряемыми изменениями в структуре рынка и конкурентной среде.

Цель статьи состоит в выявлении ключевых направлений трансформации рынка электронной коммерции США и их эмпирической проверке на основе статистики рынка, показателей концентрации и внешнеторговых ограничений. Научная новизна работы заключается в систематизации трансформации рынка электронной коммерции США как противоречивого процесса, в котором платформизация, гибридизация каналов и технологизация одновременно повышают эффективность цифровой торговли и усиливают зависимость участников от инфраструктурных посредников, тарифных решений и алгоритмического контроля доступа к спросу.

Методология исследования и эмпирическая база

Методология исследования основана на сочетании теоретического анализа, сравнительной интерпретации статистических данных и построения прикладных индикаторов структурного сдвига. Такой подход выбран с учетом специфики предмета исследования: рынок электронной коммерции США изменяется одновременно как количественно, через рост объема онлайн-продаж и доли e-commerce в рознице, так и качественно, через изменение распределения рыночной власти, каналов продаж, логистических моделей и правовых условий.

Эмпирическая база включает квартальную статистику U.S. Census Bureau за 2020–2025 гг., данные о рыночных долях Amazon и Shopify, открытые материалы о тарифной политике и отмене режима de minimis для низкостоимостных отправлений из Китая, а также аналитические материалы о базах данных по крупнейшим онлайн-ритейлерам.

Теоретические и институциональные основы трансформации рынка электронной коммерции США

Трансформация рынка электронной коммерции США формируется под влиянием нескольких взаимосвязанных теоретических и институциональных предпосылок. Во-первых, электронная коммерция развивается как часть цифровой экономики, в которой ключевое значение приобретают данные, алгоритмы, облачная инфраструктура, электронные платежи и платформенные интерфейсы. Во-вторых, американский рынок отличается высокой плотностью технологических компаний, стартапов и сервисных посредников, что ускоряет внедрение инструментов персонализации, предиктивной аналитики и автоматизации клиентского пути [6; 9]. В-третьих, e-commerce в США тесно связан с международной торговлей услугами, поскольку цифровая продажа товаров невозможна без платежных, логистических, рекламных, информационных и облачных сервисов [11].

В научной литературе преобладает позиция, согласно которой цифровая трансформация розничной торговли повышает гибкость компаний, расширяет возможности персонализации и делает взаимодействие с

потребителем более непрерывным [6; 8]. Данный подход продуктивен для объяснения роста e-commerce, однако он недостаточно учитывает обратную сторону цифровой трансформации: перераспределение рыночной власти от отдельных продавцов к инфраструктурным посредникам, управляющим трафиком, логистикой, рекламными аукционами и данными о покупателях.

Институциональная специфика американского рынка проявляется в том, что платформы постепенно выходят за пределы посреднической функции. Amazon сочетает маркетплейс, собственную розницу, логистику, облачную инфраструктуру, рекламную сеть и сервис подписки; Shopify, напротив, выступает инфраструктурой для миллионов независимых продавцов. На первый взгляд эти модели противоположны: Amazon централизует покупательский опыт, Shopify поддерживает автономию брендов. Однако в рыночной статистике они образуют единое платформенное ядро, поскольку обе модели концентрируют цифровой доступ к потребителю и техническую инфраструктуру онлайн-продаж.

Регуляторная среда также становится фактором трансформации. Вопросы налогообложения, ответственности маркетплейсов, происхождения товаров, защиты потребителя и трансграничного контроля усложняются по мере того, как цифровая торговля включает миллионы продавцов, товары различного происхождения и большое число низкостоимостных посылок [5; 10]. Отмена режима de minimis для китайских отправлений стоимостью до 800 долл. в 2025 г. показала, что институциональные решения способны быстро изменить экономику cross-border e-commerce, особенно для платформ, построенных на прямой доставке дешевых товаров из Китая [17; 18].

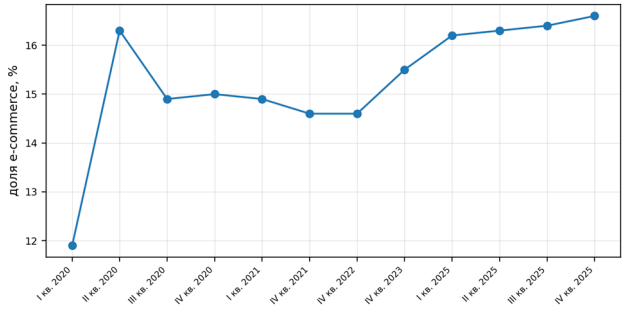


Рис. 1. Доля электронной коммерции в розничной торговле США в 2020–2025 гг., %

Источник: составлено автором по данным U.S. Census Bureau [15].

Данные U.S. Census Bureau показывают, что пандемийный скачок не был полностью обратимым: после роста доли e-commerce с 11,9% в I кв. 2020 г. до 16,3% во II кв. 2020 г. показатель стабилизировался на более высоком уровне и к IV кв. 2025 г. достиг 16,6% в сезонно скорректированном выражении [15]. Следовательно, речь идет не только о краткосрочном изменении поведения потребителей, но и о закреплении новой структуры розничной торговли, в которой цифровой канал становится постоянным элементом потребительской практики.

Таблица 1

Эмпирическая база и аналитические процедуры исследования

Блок данных	Показатели	Назначение в исследовании
U.S. Census Bureau	квартальные продажи e-commerce, доля e-commerce в розничной торговле, годовой объем онлайн-продаж	оценка структурного сдвига и динамики рынка
Marketplace Pulse и отчетность платформ	доли Amazon и Shopify, совокупная доля платформенного ядра	оценка концентрации и конкурентных рисков
Материалы White House, CBP, Reuters, AP, отраслевые обзоры	отмена de minimis, тарифные ставки, изменение условий низкостоимостных отправлений	оценка влияния внешнеторговой политики на cross-border e-commerce
Digital Commerce 360 и аналогичные базы	метрики крупнейших онлайн-ритейлеров, web sales, conversion rate, average ticket, marketplace presence	обоснование направления дальнейшей количественной верификации

Источник: составлено автором по данным U.S. Census Bureau [15].

Для оценки структурного сдвига рынка использован показатель изменения доли электронной коммерции в общем объеме розничных продаж. Для оценки концентрации применена минимальная версия индекса Херфиндаля–Хиршмана, рассчитанная по двум крупнейшим платформенным центрам: Amazon и Shopify. При долях 35,7% и 14,0% минимальный вклад двух участников в HHI составляет 1470 пунктов, что уже указывает на высокую значимость платформенного ядра рынка, даже без учета долей Walmart, eBay, Target и других участников. Данный расчет позволяет количественно зафиксировать нижнюю границу концентрации, возникающую за счет двух наиболее влиятельных платформенных моделей (таблица 2).

Таблица 2

Ключевые эмпирические индикаторы трансформации рынка электронной коммерции США

Индикатор	Значение	Интерпретация
Доля e-commerce в розничной торговле, I кв. 2020 г.	11,9%	исходный уровень перед пандемийным скачком
Доля e-commerce в розничной торговле, IV кв. 2025 г.	16,6%	закрепление структурно более высокого уровня онлайн-продаж
Годовой объем e-commerce в 2025 г.	1,2337 трлн долл.	масштаб рынка подтверждает его системное значение для розницы США
Годовая доля e-commerce в 2025 г.	16,4%	онлайн-канал сохраняет рост быстрее общей розницы
Совокупная доля Amazon и Shopify в 2025 г.	49,7%	почти половина рынка связана с двумя платформенными моделями
Минимальный вклад Amazon и Shopify в HHI	1470 пунктов	нижняя граница концентрации платформенного ядра

Источник: составлено автором по данным U.S. Census Bureau [15].

Базовый сценарий предполагает продолжение умеренного роста доли e-commerce при сохранении текущей структуры конкуренции; технологический сценарий исходит из ускорения внедрения AI, retail media и мобильных покупательских интерфейсов; ограничительный сценарий учитывает рост тарифной нагрузки, удорожание доставки и усиление контроля за импортом низкостоимостных товаров, что позволяет избежать механического переноса рыночных прогнозов на долгосрочный период.

Направления и противоречия трансформации рынка электронной коммерции США

Первое направление трансформации связано с платформизацией рынка. Платформизация означает концентрацию не только продаж, но и инфраструктурных функций: поиска товара, ранжирования, платежа, исполнения заказа, рекламного продвижения и обработки данных. В традиционной розничной торговле продавец мог конкурировать через локацию, витрину, ассортимент и цену; в цифровой торговле доступ к покупателю все чаще определяется правилами платформы, алгоритмами выдачи и стоимостью рекламного размещения внутри маркетплейса. Поэтому платформизация повышает эффективность поиска и покупки для потребителя, но одновременно снижает автономию продавцов.

Второе направление связано с гибридизацией торговых моделей. На зрелом рынке компании редко выбирают один канал продаж: бренды используют маркетплейсы для охвата и быстрого доступа к спросу, собственные сайты для удержания клиента и сбора данных, офлайн-точки для выдачи заказов, возвратов и консультаций. DTC-модель остается важной, но ее автономность ограничена стоимостью привлечения трафика, конкуренцией в digital advertising и ожиданиями потребителей относительно скорости доставки. Поэтому гибридизация представляет собой не свободный выбор каналов, а вынужденный баланс между охватом, контролем над клиентскими данными и маржинальностью.

Третье направление выражается в технологизации e-commerce. Искусственный интеллект, рекомендательные системы, автоматизация описаний товаров, динамическое ценообразование, retail media и прогнозирование спроса постепенно превращают цифровую торговлю в систему управления вероятностью покупки. Зарубежные авторы рассматривают технологизацию как источник роста потребительской вовлеченности и устойчивости омниканального ритейла [8; 9]. Вместе с тем такая позиция требует уточнения: чем больше торговля зависит от алгоритмических систем, тем выше риски непрозрачности ранжирования, дискриминационного доступа к аудитории и зависимости малого бизнеса от внешних технологических решений.

Четвертое направление связано с внешнеэкономической переоценкой cross-border e-commerce. До 2025 г. значительная часть низкостоимостных товаров из Китая поставлялась в США с использованием режима de minimis, позволявшего ввозить товары стоимостью до 800 долл. без обычных пошлин и формального таможенного оформления. В 2025 г. администрация США отменила этот режим для товаров из Китая и Гонконга с 2 мая 2025 г.; согласно официальным материалам, соответствующие отправления стали подлежать пошлинам и дополнительным требованиям к отчетности перевозчиков [17]. Для e-commerce это означает рост издержек, удлинение сроков доставки и пересмотр моделей, основанных на прямых малых посылках из Китая.

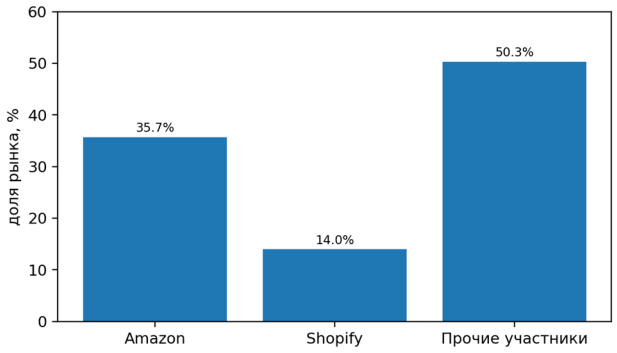


Рис. 2. Структура платформенного ядра рынка электронной коммерции США в 2025 г., %
Источник: построено автором по данным arketplace Pulse [16].

Можно говорить о наличии противоречий в тенденциях развития рынка электронной коммерции (таблица 3).

Таблица 3
Направления трансформации и связанные с ними конкурентные противоречия

Направление	Положительный эффект	Критическое противоречие
Платформизация	снижение транзакционных издержек, рост удобства поиска и доставки	концентрация доступа к потребителю и зависимость продавцов от правил платформ
Гибридизация каналов	сочетание охвата маркетплейсов и контроля DTC-каналов	рост затрат на управление каналами и риск каннибализации продаж
Технологизация	персонализация, прогнозирование спроса, автоматизация клиентского пути	непрозрачность алгоритмов, усиление информационного преимущества платформ
Трансграничная перестройка	расширение ассортимента и глобальный доступ к потребителю	рост тарифной нагрузки, удорожание доставки, зависимость от политики США и Китая
Retail media и монетизация трафика	новые доходы платформ и точный таргетинг	перенос конкуренции из цены товара в стоимость рекламной видимости

Источник: составлено автором.

Дискуссия вокруг трансформации e-commerce может быть сведена к трем исследовательским позициям. Первая позиция рассматривает цифровую трансформацию как преимущественно технологический процесс, обеспечивающий рост эффективности, персонализации и клиентской вовлеченности [6; 8]. Ее сильная сторона состоит в точном описании механизмов внедрения цифровых инструментов, однако слабость проявляется в недооценке рыночной власти инфраструктурных посредников.

Вторая позиция исходит из того, что омниканальность и DTC-стратегии позволяют брендам снизить зависимость от маркетплейсов и восстановить прямую связь с потребителем [7; 9]. Такая позиция объясняет рост гибридных моделей, но не учитывает, что собственный цифровой канал также требует внешней инфраструктуры: платежных решений, маркетинговых платформ, логистических операторов, поискового трафика и инструментов аналитики.

Третья позиция связывает развитие электронной коммерции с международной торговлей, тарифами и цифровой инфраструктурой [12; 13; 14]. Отмена de minimis для китайских товаров показывает, что тарифная политика влияет не только на стоимость импорта, но и на бизнес-модели платформ, ассортиментную доступность, логистические сроки и конкурентное положение продавцов.

По мнению автора, трансформация рынка электронной коммерции США должна рассматриваться как одновременный технологический, конкурентный и институциональный процесс. Платформы повышают эффективность рынка, но устойчивость такой модели зависит от того, будет ли сохранен баланс между масштабом инфраструктуры, правами продавцов, прозрачностью алгоритмов и возможностями потребительского выбора.

Перспективы развития рынка электронной коммерции США и рекомендации по прогнозированию

Перспективы рынка электронной коммерции США зависят от сочетания трех групп факторов: внутренней цифровой зрелости, конкурентной структуры платформенного ядра и внешнеэкономических ограничений. Статистически подтвержденный рост рынка сохраняется, однако темпы становятся более умеренными по сравнению с пандемийным периодом. В 2025 г. e-commerce рос быстрее общей розницы, но разрыв между ними уже не является взрывным: онлайн-продажи увеличились на 5,4%, а общий объем розничных продаж на 3,5% [15]. Это означает переход от экстенсивного скачка к более зрелой фазе развития.

Коммерческие прогнозы долгосрочного роста рынка заметно различаются. Одни оценки предполагают достижение рынком США более 2 трлн долл. к 2034 г., другие используют более оптимистичные параметры и дают более высокие значения [19; 20]. Такое расхождение показывает, что прогнозирование e-commerce не может основываться только на экстраполяции прошлых темпов. Необходимо учитывать насыщение рынка, инфляцию логистических затрат, изменение тарифной политики, платформенную концентрацию и регуляторное давление на маркетплейсы. Поэтому более корректным является сценарное прогнозирование.

Базовый сценарий предполагает, что доля e-commerce в розничной торговле США будет постепенно увеличиваться за счет мобильных покупок, омниканальных сервисов и роста привычки к онлайн-заказам. При сохранении умеренного тренда доля e-commerce может приблизиться к 18–19% к 2030 г. Технологический сценарий допускает ускорение до 20% и выше при условии массового внедрения AI-помощников, conversational commerce, автоматизированной персонализации и дальнейшего роста retail media. Ограничительный сценарий предполагает замедление роста до 17–18% при сохранении высокой тарифной нагрузки, удорожании cross-border доставки и усилении регуляторных требований к маркетплейсам.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенная интерпретация позволяет выделить несколько направлений действий для участников рынка и регуляторов (таблица 4).

Таблица 4
Рекомендации по развитию и прогнозированию рынка электронной коммерции США

Субъект рынка	Рекомендация	Ожидаемый результат
Бренды и продавцы	диверсифицировать каналы продаж, сочетая маркетплейсы, DTC и омниканальную инфраструктуру	снижение зависимости от правил одной платформы
Маркетплейсы	повышать прозрачность комиссий, рекламных аукционов и алгоритмов ранжирования	снижение конфликтов с продавцами и повышение доверия
Регуляторы	рассматривать платформы как инфраструктурных посредников с высокой рыночной властью	более точная оценка конкурентных и потребительских рисков
Исследователи	использовать временные ряды, кластеризацию ритейлеров и сценарное прогнозирование	повышение эмпирической обоснованности выводов
Cross-border продавцы	пересматривать модели поставок после отмены de minimis, развивать локальные склады и комплаенс	снижение тарифных и логистических рисков

Источник: составлено автором.

Заключение

Проведенное исследование показало, что трансформация рынка электронной коммерции США не сводится к росту онлайн-продаж и распространению цифровых технологий. Статистически рынок сохраняет положительную динамику: в 2025 г. объем розничных онлайн-продаж достиг 1,2337 трлн долл., а доля e-commerce в розничной торговле составила 16,4% [15]. При этом структурный сдвиг более заметен в долгосрочном сопоставлении: доля электронной коммерции выросла с 11,9% в I кв. 2020 г. до 16,6% в IV кв. 2025 г., что указывает на закрепление цифрового канала как устойчивого элемента американской розницы.

Ключевыми направлениями трансформации выступают платформизация, гибридизация торговых моделей, технологизация и внешнеэкономическая перестройка cross-border e-commerce. Платформизация обеспечивает масштаб, удобство и логистическую эффективность, но усиливает зависимость продавцов от инфраструктурных посредников. Гибридизация каналов расширяет возможности брендов, однако требует сложного управления данными, трафиком и маржинальностью. Технологизация повышает качество персонализации и прогнозирования спроса, но усиливает риски непрозрачного алгоритмического контроля. Отмена режима de minimis для китайских товаров и рост тарифной нагрузки показывают, что цифровая торговля остается чувствительной к политическим решениям и геоэкономическим конфликтам.

Авторская позиция состоит в том, что конкурентоспособность рынка электронной коммерции США в среднесрочной перспективе будет определяться не только технологическим лидерством, но и способностью рынка сохранить баланс между масштабом платформ, автономией продавцов, защитой потребителей и устойчивостью трансграничной логистики. Усиление Amazon и Shopify до совокупной доли 49,7% формирует эффективное платформенное ядро, но одновременно ставит вопрос о долгосрочных рисках концентрации.

Литература

1. Климченя Л.С. Зарубежный опыт цифровой трансформации розничной торговли // Цифровая трансформация. 2025. Т. 31. № 3. С. 14–21.

2. Коростелева В.В. Тенденции и алгоритмы развития маркетплейсов США и Китая // Креативная экономика. 2025. Т. 19. № 3. С. 619–642.

3. Паздникова Н.П. Тенденции развития электронной коммерции в условиях диджитализации бизнеса // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2024.

4. Орлова Г.А. Тенденции развития электронной коммерции в мировой экономике // Российский внешнеэкономический вестник. 2024. № 12. С. 31–43.

5. Онянова А.А. Ответственность маркетплейсов: сравнительный анализ правовых подходов США и Франции // Цифровое право. 2024. Т. 5. № 3. С. 66–82.

6. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.

7. Cai Y.-J., Choi T.-M. Omni-channel marketing strategy in the digital platform era // Journal of Business Research. 2023. Vol. 168. Art. 114197. DOI: 10.1016/j.jbusres.2023.114197.

8. Asante I.O., Jiang Y., Luo X. Leveraging Online Omnichannel Commerce to Enhance Consumer Engagement in the Digital Transformation Era // Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. 2025. Vol. 20. № 1. Art. 2. DOI: 10.3390/jtaer20010002.

9. Vhatkar M.S., Raut R.D., Gokhale R., Kumar M., Akarte M., Ghoshal S. Leveraging digital technology in retailing business: Unboxing synergy between omnichannel retail adoption and sustainable retail performance // Journal of Retailing and Consumer Services. 2024. Art. 104047. DOI: 10.1016/j.jretconser.2024.104047.

10. Верхолетов А.А. Налогообложение электронной коммерции в США и других странах // Гостиничное дело. 2024. № 10. С. 645–660.

11. Бирюкова О.В., Рулс С. США в международной торговле услугами: особенности участия и подходы к регулированию // США и Канада: экономика, политика, культура. 2025. № 3 (663). С. 46–62.

12. Ivanova N.I. How is international trade getting altered under digitalization? // Экономика и предпринимательство. 2024. № 4 (165). С. 772–775.

13. Головенчик Г.Г., Мэн Ц. Вызовы и угрозы трансграничной электронной торговли // Беларусь в современном мире : материалы XXIV Международной научной конференции. Минск, 2025.

14. Найденова Н.В. Торговые войны на новом этапе глобализации // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2025. Т. 25. № 3. С. 231–242.

15. U.S. Census Bureau. Quarterly Retail E-Commerce Sales. 4th Quarter 2025. URL: https://www.census.gov/retail/ecommerce.html (дата обращения: 12.05.2026).

16. Marketplace Pulse. Amazon and Shopify Are Now Half of U.S. E-Commerce. 2026. URL: https://www.marketplacepulse.com/articles/amazon-and-shopify-are-now-half-of-us-e-commerce (дата обращения: 12.05.2026).

17. The White House. Fact Sheet: President Donald J. Trump Closes De Minimis Exemptions to Combat China's Role in America's Synthetic Opioid Crisis. 2025. URL: https://www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/04/fact-sheet-president-donald-j-trump-closes-de-minimis-exemptions-to-combat-chinas-role-in-americas-synthetic-opioid-crisis/ (дата обращения: 12.05.2026).

18. Reuters. Trump signs order ending duty-free treatment for cheap shipments from China. 2025. URL: https://www.reuters.com/markets/trump-considering-revoking-tariff-exemptions-cheap-shipments-china-source-says-2025-04-02/ (дата обращения: 12.05.2026).

19. IMARC Group. United States E-Commerce Market Size, Trends & Forecast to 2034. URL: https://www.imarcgroup.com/united-states-e-commerce-market (дата обращения: 12.05.2026).

20. Mordor Intelligence. United States E-Commerce Market Size & Share Analysis. 2026. URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/united-states-ecommerce-market (дата обращения: 12.05.2026).

Key directions in the transformation of the u.s. e-commerce market

Slitskaia A.
master of business administration (MBA)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article examines the transformation of the U.S. e-commerce market under the conditions of retail digitalization, platform concentration, omnichannel development, and tightening foreign trade restrictions. Unlike studies that mainly describe platformization, channel hybridization, and technological modernization, this research links these directions with empirically observable structural shifts: the increase in the e-commerce share of U.S. retail sales from 11.9% in Q1 2020 to 16.6% in Q4 2025, annual online retail sales of USD 1.2337 trillion in 2025, and the growing role of Amazon and Shopify, whose combined market share is estimated at 49.7%. The methodology combines comparative analysis of U.S. Census Bureau statistics, market concentration indicators, structural-shift assessment, and scenario-based interpretation. The paper argues that further transformation will be determined not only by internal digital growth drivers, but also by the contradictions of market concentration, higher tariff burden, the end of de minimis treatment for Chinese low-value imports, and rising costs of cross-border logistics. The scientific contribution lies in identifying a contradictory development model in which increasing digital efficiency is accompanied by stronger platform dependence, regulatory risks, and vulnerability of cross-border e-commerce models.

Keywords: e-commerce, U.S. e-commerce market, platformization, Amazon, Shopify, omnichannel retail, DTC models, tariffs, de minimis, cross-border logistics.

References

1. Klimchenya L.S. Foreign experience of digital transformation of retail trade. Tsifrovaya transformatsiya. 2025. Vol. 31. No. 3. P. 14–21. (In Russ.).

2. Korosteleva V.V. Trends and algorithms of marketplace development in the USA and China. Kreativnaya ekonomika. 2025. Vol. 19. No. 3. P. 619–642. (In Russ.).

3. Pazdnikova N.P. Trends in the development of e-commerce in the context of business digitalization. Vestnik PNIPU. Sotsialno-ekonomicheskie nauki. 2024. (In Russ.).

4. Orlova G.A. Trends in the development of e-commerce in the world economy. Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik. 2024. No. 12. P. 31–43. (In Russ.).

5. Onyanova A.A. Liability of marketplaces: a comparative analysis of the legal approaches of the USA and France. Tsifrovoe pravo. 2024. Vol. 5. No. 3. P. 66–82. (In Russ.).

6. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.

7. Cai Y.-J., Choi T.-M. Omni-channel marketing strategy in the digital platform era. Journal of Business Research. 2023. Vol. 168. Article 114197. DOI: 10.1016/j.jbusres.2023.114197.

8. Asante I.O., Jiang Y., Luo X. Leveraging Online Omnichannel Commerce to Enhance Consumer Engagement in the Digital Transformation Era. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. 2025. Vol. 20. No. 1. Article 2. DOI: 10.3390/jtaer20010002.

9. Vhatkar M.S., Raut R.D., Gokhale R., Kumar M., Akarte M., Ghoshal S. Leveraging digital technology in retailing business: Unboxing synergy between omnichannel retail adoption and sustainable retail performance. Journal of Retailing and Consumer Services. 2024. Article 104047. DOI: 10.1016/j.jretconser.2024.104047.

10. Verkholetov A.A. Taxation of e-commerce in the USA and other countries. Gostinichnoe delo. 2024. No. 10. P. 645–660. (In Russ.).

11. Biryukova O.V., Ruls S. The USA in international trade in services: features of participation and approaches to regulation. SSHA i Kanada: ekonomika, politika, kultura. 2025. No. 3 (663). P. 46–62. (In Russ.).

12. Ivanova N.I. How is international trade getting altered under digitalization? Ekonomika i predprinimatelstvo. 2024. No. 4 (165). P. 772–775.

13. Golovenchik G.G., Meng J. Challenges and threats of cross-border electronic trade. In: Belarus in the modern world: materials of the XXIV International scientific conference. Minsk, 2025. (In Russ.).

14. Naydenova N.V. Trade wars at a new stage of globalization. Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo. 2025. Vol. 25. No. 3. P. 231–242. (In Russ.).

15. U.S. Census Bureau. Quarterly Retail E-Commerce Sales. 4th Quarter 2025. Available at: https://www.census.gov/retail/ecommerce.html (accessed: 12.05.2026).

16. Marketplace Pulse. Amazon and Shopify Are Now Half of U.S. E-Commerce. 2026. Available at: https://www.marketplacepulse.com/articles/amazon-and-shopify-are-now-half-of-us-e-commerce (accessed: 12.05.2026).

17. The White House. Fact Sheet: President Donald J. Trump Closes De Minimis Exemptions to Combat China's Role in America's Synthetic Opioid Crisis. 2025. Available at: https://www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/04/fact-sheet-president-donald-j-trump-closes-de-minimis-exemptions-to-combat-chinas-role-in-americas-synthetic-opioid-crisis/ (accessed: 12.05.2026).

18. Reuters. Trump signs order ending duty-free treatment for cheap shipments from China. 2025. Available at: https://www.reuters.com/markets/trump-considering-revoking-tariff-exemptions-cheap-shipments-china-source-says-2025-04-02/ (accessed: 12.05.2026).

19. IMARC Group. United States E-Commerce Market Size, Trends & Forecast to 2034. Available at: https://www.imarcgroup.com/united-states-e-commerce-market (accessed: 12.05.2026).

20. Mordor Intelligence. United States E-Commerce Market Size & Share Analysis. 2026. Available at: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/united-states-ecommerce-market (accessed: 12.05.2026).

Адаптация гибкого проектного управления в условиях удаленной работы

Павловский Павел Владимирович
проректор, ст. преподаватель кафедры «Управление проектом», Государственный университет управления, t7020752@gmail.com,

Фомина Юлия Андреевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Управление проектом», Государственный университет управления, Fomina-u-a@yandex.ru,

Махалина Оксана Михайловна
доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Финансы и кредит», Государственный университет управления, moxanam@mail.ru,

Гаврилин Евгений Александрович
студент, Государственный университет управления, gavrilin.evgeny04@gmail.com,

Порядина Анна Андреевна
студент, Государственный университет управления, poryadina-a04@mail.ru

В статье рассматриваются особенности применения и адаптации гибких подходов в командах на удаленной работе. В основе исследования лежит метод качественного исследования - метод фокус-группы. В исследовании приняли участие представители ИТ-отрасли с опытом работы в распределенных командах. Результаты фокус-группы подтвердили, что использование гибких подходов распределенными командами обеспечивает те же преимущества, что и офлайн формат, обеспечивая прозрачность, быстрое реагирование на изменения, повышение качества конечного продукта, вовлеченность и мотивацию сотрудников. Результатом исследования стало выявление трудностей и ограничений, связанных с применением гибких подходов в условиях удаленной работы: коммуникационные барьеры, асинхронность взаимодействия, снижение доверия, сложности с дисциплиной и самоорганизацией, увеличение времени принятия решений. Возможности преодоления сложностей удаленного формата работы рассмотрены через адаптацию основных Agile мероприятий в рамках итерации, а также комбинированный подход к длительности самих итераций.
Ключевые слова: Agile, цифровая среда, гибридные подходы, коммуникации, команда проекта, адаптация, фокус-группа.

Введение

Переход на удаленный формат работы стал обычной практикой для отраслей с высокой долей интеллектуального труда. Согласно аналитическим оценкам, компании, применяющие гибридную или полностью распределенную модель (удаленный формат работы), все чаще используют гибкие технологии управления. На фоне массового перехода на удаленную работу команды системно адаптируют гибкие методологии под цифровое взаимодействие [6]. Переход к модели «Agile + Remote» становится фактором конкурентоспособности. В этих условиях организации, не решающие проблемы управления виртуальными распределенными командами, теряют эффективность и сталкиваются с ростом издержек [2].

При переходе на удаленный формат работы Agile команды сталкиваются с коммуникационными барьерами, причинами которых является разница часовых поясов, сокращение визуального контакта, отсутствие культурного единства [2; 3; 7]. Распределенные команды сталкиваются с расхождением в трактовке критериев готовности, процессов и пользовательских требований, что усугубляется межкультурными различиями [3]. Сложности коммуникации могут усиливаться одновременным использованием нескольких цифровых платформ [6]. Отсюда возникает вопрос адаптации Agile подходов к гибридному и удаленному формату работы.

Целью исследования является анализ ограничений и возможностей адаптации гибких подходов к удаленному формату работы гибридных и распределенных проектных команд.

Соответственно основными задачами являются:

- выявление преимуществ и трудностей применения гибких подходов в командах на удаленной работе;
- выявление особенностей адаптации и сложностей проведения основных мероприятий в рамках итерации (спринта) в удаленном формате.

Обзор литературы

Методология Agile появилась во многом как практический ответ ИТ-индустрии на вызовы крупных проектов [12]. Длительные циклы разработки, фиксированные требования и расхождения между ожиданиями заказчика и фактическими результатами подтолкнули специалистов к поиску альтернатив традиционной водопадной модели. В 2001 году был сформулирован Agile-манифест — документ, ставший основой переосмысления методологии проектной деятельности: в центре оказались люди и взаимодействие, работающий продукт, сотрудничество с клиентом и готовность к изменением [8].

Agile - это методология проектного управления, которая фокусируется на создании бизнес-ценности, постоянном совершенствовании продукта и процессов проекта, гибкости предметной области, вкладе команды, предоставлении хорошо протестированных продуктов, отвечающих потребностям клиентов. Методология Agile доказала свою эффективность в условиях высокой неопределённости [9; 12].

В рамках методологии Agile получили распространение следующие фреймворки, инструменты и подходы: Scrum, Kanban, бережливое проектное управление (Lean), экстремальное программирование (XP), масштабируемый Agile фреймворк (SAFe), масштабный Scrum (LeSS, Large-Scale Scrum) и другие [5]. Одним из самых популярных фреймворков попрежнему является Scrum.

Scrum - Agile фреймворк управления проектами, в основе которого лежит итеративная поэтапная разработка продукта в рамках коротких циклов (спринтов) и предназначенный для структурирования и контроля командной работы [10]. В основе Scrum лежат принципы прозрачности и адаптивность процессов. Применение фреймворка Scrum связано в пятью ключевыми событиями: Sprint (2-4 недели), Sprint Planning (планирование спринта - проводится до начала спринта), Daily Scrum (15 минутная ежедневная встреча команды), Sprint Review (демонстрация продукта заказчику), Sprint Retrospective (ретроспектива, встреча команды для подведения итогов спринта). Команды, которые применяют данную структуру, обучаются на опыте и непрерывно совершенствуются через анализ результатов [11; 12].

На сегодняшний день удаленный формат работы используется в значительной части ИТ-сектора. Однако такая трансформация изменила

саму природу коммуникаций: сократилась роль невербальной коммуникации, усилилась асинхронность взаимодействия, возросла роль инструментов проектного управления [1].

Применение удаленного формата расширяет возможности привлечения талантливых сотрудников, в том числе из отдаленных территорий [6]. В тоже время удаленный формат требует большей гибкости рабочего графика и предъявляет более высокие требования к качеству цифровых коммуникаций [4]. В целом изменение формата взаимодействия приводит к необходимости адаптации гибких подходов к работе команды в цифровой среде [3].

Методы и база данных

Исследование было проведено методом анализа качественных данных, полученных в ходе фокус-группы, состоящей из восьми представителей распределенных команд, занимающие различные позиции в ИТ организациях и работающих в гибридном или удаленном формате. Среди респондентов были работники, занимающие следующие должности: менеджер по развитию бизнеса с опытом работы 7 лет в сфере автоматизации и электронных решений, два продакт-менеджера с 4-летним и 7-летним опытом в IT-индустрии, три менеджера по маркетингу, обладающие опытом от 2 до 4 лет, а также два дизайнера, имеющие профессиональный стаж от 1 до 3 лет.

Результаты

Ниже представлены данные по ключевым словам и их упоминание респондентами фокус-группы. Данная статистика получена на основе 15 вопросов об использовании Agile командами на удаленной работе: преимуществах, проблемах и опыте интеграции (рис. 1).

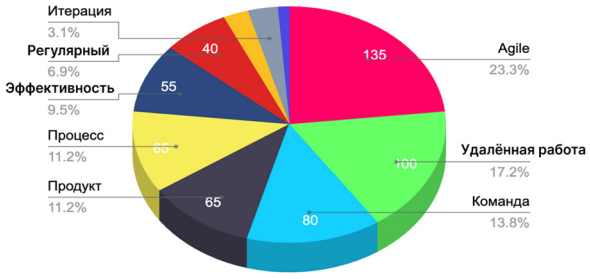


Рисунок 1 - Ключевые слова, упоминаемые в фокус-группе (составлено авторами)

В результате анализа полученны следующие данные по ключевыми словам: *Agile* («гибкий подход», «Agile-практики») (136 упоминаний). *Удаленная работа (*«дистанционная работа», «удаленка») (100 упоминаний). *Команда:* (80 упоминаний). *Продукт:* (65 упоминаний). *Процесс* («рабочий процесс») (65 упоминаний). *Эффективность* (55 упоминаний). *Регулярный* («частый», «повседневный») (40 упоминаний). *Итерация (*«спринт», «цикл») (18 упоминаний). *Дефект:* (15 упоминаний). *Владелец продукта* («Project Owner»): (7 упоминаний).

Преимущества и трудности применения Agile в командах на удаленной работе

В ходе проведения фокус-группы были выделены преимущества и трудности применения Agile в виртуальных распределенных командах.

Одним из преимуществ применения Agile на удаленной работе является повышение прозрачности: "*регулярные совещания и ведение бэклога способствуют пониманию текущего состояния проекта всеми участниками*". Среди других преимуществ были названы возможность быстрого реагирования на изменения, повышение качества конечного продукта, увеличение вовлеченности и мотивации сотрудников.

В ходе фокус-группы были выявлены сложности применения гибких подходов распределенными командами. Ключевыми проблемами являются коммуникационные барьеры, асинхронность взаимодействия (в том числе из-за разницы в часовых поясах), снижение доверия в команде, сложности с дисциплиной и самоорганизацией. Один из экспертов отметил: "*Отсутствие самодисциплины не позволило некоторым участникам из-за их личных привычек точно соблюдать сроки и обязательства без прямого надзора руководства*". Также респонденты отмечали, что названные проблемы взаимодействия приводят к увеличению времени принятия решений в командах на удаленной работе.

Итеративный подход

В рамках фокус-группы также обсуждались вопросы адаптации Agile подходов (Scrum, канбан с ритмом, гибридные модели) к удаленной и гибридной работе команд через организацию работы итерациями (спринтами).

Планирование спринта. Респонденты отмечали, что каждый спринт должен начинаться с планирования, в ходе которого команда совместно с владельцем продукта формирует бэклог задач на предстоящий период. В ходе планирования определяются приоритетные задачи, оценивается их сложность и согласуются критерии готовности. Для снижения коммуникационных барьеров эксперты рекомендовали включать камеры всем участникам мероприятия. Как отметил один из участников: "*Включение камеры должно стать привычкой, обычной практикой*". Для планирования могут быть использованы чек-листы оценки сложности предстоящих работ с прописанными критериями или игровые техники, такие как покер планирования, доступные в онлайн формате.

Ежедневные совещания. Далее рассматривался вопрос о проведении ежедневных совещаний (стендап, или Daily Standup) в удаленном формате. Согласно мнению экспертов, "*стендапы должны быть короткими, как будто они проводятся на ногах*". Респонденты отмечали, что на практике зачастую эти встречи затягиваются. Среди наиболее важных условий эффективного и быстрого проведения онлайн совещаний эксперты назвали обеспечение технических условий для проведения встречи (высокоскоростной интернет, стабильная работа платформы видеоконференцсвязи), своевременное подключение и присутствие всех участников, структурированность встречи, заблаговременное оглашение повестки, соблюдение повестки встречи, соблюдение тайминга.

Демонстрация продукта. Кульминацией каждого спринта является демонстрация продукта заказчику (демо, или Sprint Review). Разработчики и владелец продукта показывают результаты, полученные за время итерации, обсуждают продукт, его функции, осуществляют сбор обратной связи. Решением проблем коммуникации здесь может быть обязательное включение камер всеми участниками, ведение видеозаписи, использование всех возможностей для получения обратной связи (вопросы от участников демо - как в чате видеоконференции, так и голосом, эмоции, активное обсуждение в чатах команды проекта).

Ретроспектива. В продолжении дискуссии был обсужден вопрос проведения ретроспективы (ретро, или Sprint Retrospective). Согласно участникам фокус-группы, проведение ретроспективы направлено, прежде всего, на рефлексию участников, для чего важно построение доверия. Среди возможных решений для создания доверительной атмосферы были названы отключение видео/ аудиозаписи, уверенность участников в том, что дискуссию не слышат посторонние люди, а также предварительное личное оффлайн знакомство участников.

Продолжительность итерации

Еще одним вопросом, который поднимался фокус-группой, стала продолжительность итерации (спринта). Стандартная продолжительность спринта составляет 2-4 недели. По мнению экспертов, оптимальная длительность итерации должна зависеть от специфики конкретного проекта и особенностей команды. Эксперты отмечали эффективность комбинированных моделей длительности итераций - чередование коротких и длительных спринтов в зависимости от сложности поставленных задач.

Заключение

Проведенное исследование на основе фокус-группы с участием экспертов ИТ отрасли подтверждает, что применение методологии Agile обеспечивает преимущества для команд, перешедших на удаленный и гибридный формат работы. В ходе исследования было выявлено, что использование гибких подходов распределенными командами обеспечивает те же преимущества, что и в офлайн формате: повышение прозрачности, быстрое реагирование на изменения, повышение качества конечного продукта, увеличение вовлеченности и мотивации сотрудников, что подтверждает предыдущие исследования [9; 12].

Фокус-группы назвала такие трудности применения Agile командами на удаленной работе, как коммуникационные барьеры, асинхронность взаимодействия, снижение доверия, сложности с дисциплиной и самоорганизацией, увеличение времени принятия решений, что также подтверждается рядом исследований [2; 7].

Исследование подтвердило, что Agile подходы требуют адаптации к условиям удаленной работы, что возможно путем сочетания технических, организационных и психологических мер [1; 2; 6]. В ходе фокус-группы выявлены возможности адаптации основных Agile мероприятий (планирование спринта, ежедневные совещания, демонстрация продукта, ретроспектива) в рамках итерации в удаленном формате. Условием успешной адаптации является соблюдение командой тайминга встреч, структурированности встреч и следование регламенту, обеспечение стабильности связи, конфиденциальности, безопасности и доверия, использование игровых практик для эмоционального вовлечения участников, а также применение комбинированного подхода к длительности

самой итерации путем чередования коротких и длительных спринтов в зависимости от сложности поставленных задач.

Данные выводы имеют ограничения, связанные с выбранным методом исследования и ограниченным объемом данных. Исследование основано на качественном анализе данных, полученных в ходе проведения фокус-группы (8 экспертов из ИТ отрасли). Полученные результаты отражают опыт российских IT-команд с определенной корпоративной культурой и набором инструментов.

Будущие исследования в области применения гибких подходов виртуальными распределенными командами могут быть направлены на проведение количественных исследований с большим количеством команд из разных отраслей и/ или стран, чтобы выявить общие и специфические факторы использования Agile для удаленной работы; лонгитюдную оценку того, как применение Agile подходов удаленными и гибридными командами влияет на коммуникации в командах, выгорание сотрудников и текучесть кадров.

Литература

1. Ajimotokan, H., Kareem, Y., Ayeni, O., Ekpomgboyi, S. (2025). The Effects of Remote Work on Team Dynamics in Distributed Agile Environments. International Journal of Research and Innovation in Social Science. Vol. 9. Art. 00124. DOI: 10.47772/IJRISS.2025.90400124.
2. Emmanni, P. S. (2023). The Impact of Remote Work on Agile Project Management. The Journal of Scientific and Engineering Research. Vol. 10. P. 202–207. DOI: 10.5281/zenodo.11078900.
3. Gomes dos Santos, D. (2023). Agile Teams In Remote Work Environment: Challenges And Opportunities. Conference paper. Conference: XXX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bauru, São Paulo.
4. Krzywdzinski, M. (2022). Team Collaboration and Productivity. Experiences of agile, hybrid, and traditional teams with remote work during the COVID-19 pandemic. Berlin. DOI: 10.34669/WI.WS/28.
5. Project Management Institute (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). – 8th ed. – Pennsylvania: PMI, 2025.
6. Tawas, H., Riyanti, F., Saputra, D., Abdillah, N., Irianti, I. (2024). The Impact of Remote Work Policies, Employee Mental Health Support, and Agile Project Management on Organizational Resilience // Join Journal of Social Science. 1(4). DOI: 10.59613/9zfx0v87.
7. Zaveri, A., Jaafar J., Yafi E., Faisal N., Habib S., Shehzadi I. (2025). Optimizing The Effectiveness of The Agile Development Life Cycle - Post The Pandemic Era. American International Theism University Scientific Research Journal. 5 (1). DOI: 10.63094/AITUSRJ.25.4.1.1.
8. Agile-манифест разработки программного обеспечения. [Электронный ресурс]. - URL: https://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html
9. Артамошкина А. А., Сычева С. М., Халимон Е. А. Методы и инструменты проектного управления, используемые в производственных организациях. Вестник университета. 2023, № 2: С. 5–12. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-2-5-12. EDN QNMNFL.
10. Брикошина И. С., Геокчакян А. Г. Отличительные черты использования гибкой методики scrum в условиях современной экономики // Омские научные чтения - 2020 : материалы Четвертой Всероссийской научной конференции, Омск, 30 ноября 2020 года. Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2020. С. 1827-1831. EDN NNYJFP.
11. Вишнев А. А., Матижев М. А., Новенников Р. М. Гибкие методологии управления проектами. Управление проектами: карьера и бизнес : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 05 мая 2023 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Государственный университет управления. Москва: Государственный университет управления, 2023. С. 26-28. EDN ZSPDXA.
12. Гусева М. Н., Коготкова И. З. Разработка модели IT проекта с применением гибких технологий // Гуманизация современной науки и образования: насущные проблемы, пути решения : сб. ст. XXVI Всерос. науч. конф., Москва, 31 мая 2025 года. Москва : РОСТПОЛИГРАФ, 2025. С. 43–46. EDN OLOOHB.

Adapting agile project management to remote work

Pavlovsky P.V., Fomina Yu.A., Makhalina O.M., Gavrilin E.A., Poryadina A.A.
State University of Management

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article examines the application and adaptation of agile approaches in remote teams. The study utilizes a qualitative research method—focus groups. Participants included IT industry representatives with experience working in distributed teams. The results of the focus group confirmed that the use of agile approaches by distributed teams provides the same benefits as an offline format, ensuring transparency, rapid response to changes, improved product quality, and employee engagement and motivation. The study identified the challenges and limitations associated with applying agile approaches in a remote work environment, including communication barriers, asynchronic interactions, decreased trust, challenges with discipline and self-organization, and increased decision-making time. Opportunities to overcome the challenges of remote work are explored through the adaptation of key Agile activities within iterations and a combined approach to iteration duration.

Keywords: Agile, digital environment, hybrid approaches, communications, project team, adaptation, focus group.

References

1. Ajimotokan, H., Kareem, Y., Ayeni, O., Ekpomgboyi, S. (2025). The Effects of Remote Work on Team Dynamics in Distributed Agile Environments. International Journal of Research and Innovation in Social Science. Vol. 9. Art. 00124. DOI: 10.47772/IJRISS.2025.90400124.
2. Emmanni, P. S. (2023). The Impact of Remote Work on Agile Project Management. The Journal of Scientific and Engineering Research. Vol. 10. P. 202–207. DOI: 10.5281/zenodo.11078900.
3. Gomes dos Santos, D. (2023). Agile Teams In Remote Work Environment: Challenges And Opportunities. Conference paper. Conference: XXX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bauru, São Paulo.
4. Krzywdzinski, M. (2022). Team Collaboration and Productivity. Experiences of agile, hybrid, and traditional teams with remote work during the COVID-19 pandemic. Berlin. DOI: 10.34669/WI.WS/28.
5. Project Management Institute (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). – 8th ed. – Pennsylvania: PMI, 2025.
6. Tawas, H., Riyanti, F., Saputra, D., Abdillah, N., Irianti I. (2024). The Impact of Remote Work Policies, Employee Mental Health Support, and Agile Project Management on Organizational Resilience // Join Journal of Social Science. 1(4). DOI: 10.59613/9zfx0v87.
7. Zaveri, A., Jaafar J., Yafi E., Faisal N., Habib S., Shehzadi I. (2025). Optimizing The Effectiveness of The Agile Development Life Cycle - Post The Pandemic Era. American International Theism University Scientific Research Journal. 5 (1). DOI: 10.63094/AITUSRJ.25.4.1.1.
8. The Agile Manifesto for Software Development. [Electronic resource]. - URL: https://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html
9. Artamoshkina A. A., Sycheva S. M., Khalimon E. A. Methods and tools of project management used in manufacturing organizations. University Bulletin. 2023, No. 2: pp. 5–12. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-2-5-12. EDN QNMNFL.
10. Brikoshina I. S., Geokchakyan A. G. Distinctive features of using the agile scrum methodology in the context of the modern economy // Omsk Scientific Readings - 2020: Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific Conference, Omsk, November 30, 2020. Omsk: Omsk State University named after F.M. Dostoevsky, 2020. pp. 1827–1831. EDN NNYJFP
11. Vishnev A. A., Matizhev M. A., Novennikov R. M. Flexible project management methodologies. Project Management: Career and Business: Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, May 5, 2023 / Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, State University of Management. Moscow: State University of Management, 2023. pp. 26-28. EDN ZSPDXA.
12. Guseva M. N., Kogotkova I. Z. Developing an IT project model using flexible technologies // Humanization of modern science and education: pressing problems, solutions: collection of articles. XXVI All-Russian scientific conf., Moscow, May 31, 2025. Moscow: ROSTPOLIGRAF, 2025. pp. 43-46. EDN OLOOHB.

Оценка потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности: энтропийная методика построения индекса и её апробация на примере Китая, США, Германии и Японии (2008–2023 гг.)

Фу Бинцзе
менеджер административно-хозяйственного отдела, ООО «Дядя Панда», fbj8799@mail.ru

Статья посвящена проблеме оценки потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности. На примере КНР отмечается, что существующие методики опираются на закрытые базы данных, что затрудняет самостоятельное проведение кросс-страновых сравнительных исследований в этой области. В работе предлагается методика построения индекса потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности (ИПЦТП). В основу методики положен энтропийный подход. Система показателей включает 14 индикаторов, сгруппированных в четыре категории, каждая из которых отражает те или иные аспекты, влияющие на потенциал цифровой трансформации. Апробация методики проведена на примере ведущих промышленных держав (Китай, США, Германия, Япония) за период 2008-2023 гг. Сделан вывод, что предлагаемая методика является работоспособной, менее требовательной к данным и более объективной по сравнению с подходами, основанными на экспертной оценке. Предлагаемая методика, таким образом, может быть использована для системного мониторинга цифровой трансформации обрабатывающей промышленности в различных экономиках мира.

Ключевые слова: цифровая индустриализация, обрабатывающая промышленность, глобальные индексы, энтропия, методика, Китай.

Обрабатывающая промышленность является основой национальной экономики, фундаментом существования и мощи государства. За последние десятилетия китайская промышленность добилась стремительного развития и значительного прогресса во многих областях. Однако при рассмотрении конкурентоспособности промышленного сектора в стране сохраняется ряд слабых мест. Современные китайские эксперты отмечают: китайская обрабатывающая промышленность «большая, но не сильная» [5]. Среди наиболее острых проблем выделяются низкая добавленная стоимость продукции, сравнительно низкая производительность труда (около 1/3 от Германии и 1/5 от США) [2], а также ограниченный доступ к ключевым технологиям нового технологического уклада.

С 2013 года Китайская академия информационных и коммуникационных технологий (CAICT) на протяжении 13 лет реализует стратегический проект «Построение промышленной державы» и публикует собственный индекс развития производственной мощи, а также технологические дорожные карты по ключевым направлениям развития обрабатывающей промышленности. Эти работы получили широкое внимание как в стране, так и за рубежом и оказали значительное влияние на промышленное, отраслевое и научное сообщество. Благодаря многолетним усилиям Китай вошёл в число наиболее продвинутых в технологическом плане промышленных держав. Следующие десять лет станут ключевым периодом для реализации так называемого «второго шага»: необходимо последовательно продвигать цифровую трансформацию промышленности и развивать новые отрасли, чтобы к 2035 году страна вошла в число ведущих мировых промышленных держав [1].

В «Предложениях ЦК КПК о разработке 15-го пятилетнего плана национального экономического и социального развития» прямо указано: «Способствовать цифровизации и интеллектуализации промышленности, развивать интеллектуальное, зелёное и сервисное производство, ускорять трансформацию промышленных моделей и организационных форм предприятий» [6].

Вместе с тем существуют две проблемы. Во-первых, остаётся неясным, сможет ли Китай достичь поставленных целей, и в какой мере фактические результаты будут соответствовать ожиданиям. Во-вторых, в экономической науке до сих пор отсутствует единый подход к оценке цифровой экономики и особенно цифровизации обрабатывающей промышленности. Это создаёт дополнительные трудности для объективной оценки роста Китая.

В рамках данной работы на основе переработанной и дополненной методики Китайской академии информационных и коммуникационных технологий предлагается система индексов оценки потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности (ИПЦТП). Под потенциалом цифровой трансформации промышленности понимается совокупность материальных и нематериальных условий для достижения качественного скачка в производительности и конкурентоспособности хозяйственных отраслей. Речь идёт о широком наборе факторов и условий, которые, предположительно, влияют на указанный потенциал.

С помощью такого индекса можно проводить масштабные кросс-страновые исследования, сравнивать показатели разных стран, оценивать достижения Китая, а также других развитых и развивающихся стран на пути к цифровизации обрабатывающей промышленности.

Методика проведения исследования включает следующие этапы. На **первом этапе** определяются количественная выборка стран и хронологические рамки. В данной работе для примера взяты крупные национальные экономики, достигшие значительных успехов в цифровизации промышленности: США, Китай, Германия и Япония. Хронологические рамки охватывают 16 лет (с 2008 по 2023 год).

На втором этапе разрабатывается система показателей. Поскольку речь идёт о кросс-страновом исследовании, важно, чтобы выбранные показатели были доступны для большой выборки стран. Это представляет собой серьёзную проблему, так как базы данных, используемые CAICT, не являются открытыми. Объём открытых данных ограничен. Преимущество данной методики состоит в том, что она предлагает показатели, которые можно найти относительно легко. Это: статистика основных показателей ООН [15], статистика Организации Объединенных наций по промышленному развитию (ЮНИДО) [18], данные Конференции ООН

по торговле и развитию (ЮНКТАД) [17], база данных индикаторов целей устойчивого развития ООН [16], данные аналитического центра CEPII [11], института статистики ЮНЕСКО [3], Всемирного Банка (ВБ) [19,20], Международного энергетического агентства (МЭА) [13], Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) [21] и Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [14].

При разработке системы показателей автор опирался на работы китайских экономистов: Чжан Хуэйфана [9], Чжан Юнаня и Лу Минмина [10], а также на материалы специалистов CAICT [7]. Категории в основном были сохранены, но вместо категории «оптимизация структуры» (которая представляется недостаточно чёткой) предложена категория «технологические инновации». Показатели заменены на те, которые доступны в глобальных базах данных. Всего категории охватывают 14 показателей (см. табл. 1).

Таблица 1

Система оценки потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности для кросс-страновых исследований (составлено автором)

Категория	Показатель	№
Развитие масштаба (А)	Добавленная стоимость обрабатывающей промышленности (долл. США, в постоянных ценах 2020 г.)	А1
	Доля обрабатывающей промышленности в глобальной добавленной стоимости обраб. пром-ти (долл. США, в постоянных ценах 2020 г.)	А2
	Объем экспорта промышленных товаров, исключая минеральное сырье и энергоносители (тек. долл. США)	А3
Качество и эффективность (Б)	Производительность труда в обрабатывающей промышленности (тек. долл. США / занятых чел.)	Б1
	Показатель индекса доли средне- и высокотехнологичных отраслей в общей рыночной добавленной стоимости (MVA)	Б2
	Индекс производственного потенциала (PCI)	Б3
	Показатель индекса промышленной конкурентоспособности (CIP)	Б4
Технологические инновации (В)	Патенты в области высоких технологий и НИОКР (на млн. человек)	В1
	Исследователи в сфере НИОКР (на млн. человек)	В2
	Валовые внутренние расходы на НИОКР (долл. США, пересчитанные по ППС, в постоянных ценах 2015 г.)	В3
	Показатель индекса готовности к передовым технологиям (FTRI)	В4
Устойчивое развитие (Г)	Выбросы диоксида углерода на единицу добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности (кг. CO2 на пост. долл. США в 2015 году)	Г1
	Потребление возобновляемой энергии (% от общего конечного потребления энергии)	Г2
	Установленная возобновляемая генерирующая мощность (ватт на душу населения)	Г3

Выбранные показатели не затрагивают непосредственно цифровую трансформацию промышленности, поскольку найти в открытом доступе такие показатели по всем странам мира невозможно. Поэтому в данном индексе все категории и показатели отражают те или иные аспекты, важные для долгосрочного экономического развития. Они в разной степени прямо или косвенно влияют на темпы и качество цифровой трансформации промышленности. Масштабы производства важны для обеспечения глобальной конкурентоспособности и занятия лидирующего положения страны в текущем технологическом укладе мировой экономики. Качество и эффективность обрабатывающей промышленности определяют доминирующее положение страны в глобальной цепочке добавленной стоимости. Технологические инновации непосредственно влияют на темпы цифровой трансформации. Влияние показателей из группы «устойчивое развитие» менее очевидно в краткосрочной перспективе, но более глубоко в долгосрочной: они связаны с энергоэффективностью промышленности, развитием человеческого капитала и устойчивостью промышленности в условиях экологических рисков.

На третьем этапе производится расчёт индекса. Для этого используется энтропийный подход. В макроэкономических исследованиях этот метод активно применяется с 1970-х годов [12].

В общем смысле энтропия означает меру неопределённости в системе. В макроэкономике данный подход позволяет установить, насколько сложны, диверсифицированы или сконцентрированы связи в экономике. Чем выше энтропия, тем больше возможных состояний в экономике и тем больше возможностей для её дальнейшего развития. Снижение энтропии может указывать на движение по инерционной траектории и нарастание системного кризиса (например, при высокой зависимости от одного субъекта или сектора). С другой стороны, высокая энтропия может свидетельствовать о нестабильности экономики, непредсказуемости ситуации и возможном «перегреве».

Главное преимущество энтропийного подхода заключается в способности учитывать множество разнородных данных, факторов и агентов без использования усреднённых значений. Это делает его подходящим для исследования сложных, динамичных и неопределённых систем, таких как экономика. Это особенно важно в контексте данной работы, поскольку выбранные категории индекса разнородны и охватывают качественно различные аспекты, влияющие на цифровую трансформацию.

Алгоритм расчетной части состоит из следующих этапов: стандартизацию исходных значений (1), (2); расчет значения информационной энтропии для выбранных показателей (3); расчет весовых коэффициентов для каждого из 14 показателей по каждой стране (4); расчет итогового значения индекса по каждому показателю и суммарного индекса по всем показателям за каждый год (5), (6).

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{1j},\dots,x_{nj}\}}{\max\{x_{1j},\dots,x_{nj}\} - \min\{x_{1j},\dots,x_{nj}\}} \quad (1)$$

для положительных значений показателя

$$x'_{ij} = \frac{\max\{x_{1j},\dots,x_{nj}\} - x_{ij}}{\max\{x_{1j},\dots,x_{nj}\} - \min\{x_{1j},\dots,x_{nj}\}} \quad (2)$$

для отрицательных значений показателя

$$e_i = -k \sum_{j=1}^{16} p_{ij} \ln(p_{ij}),\ i = 1,2,\dots,14, \quad (3)$$

$$w_i = \frac{1-e_i}{\sum_{i=1}^{m}(1-e_i)},\ i = 1,2,\dots,14;\ m = 14 \quad (4)$$

$$s_{ij} = x'_{ij} w_i;\ i = 1,2,\dots,14;\ j = 1,2,\dots,16 \quad (5)$$

В формуле (6) s_{ij} означает итоговое значение индекса за ***j***-й год по *i*-му показателю.

$$S_j = \sum_{i=1}^{14} x'_{ij} w_i;\ i = 1,2,\dots,14;\ j = 1,2,\dots,16 \quad (6)$$

В формуле (7) S_j означает суммарный индекс по всем показателям за ***j***-й год.

Результаты расчетов с итоговыми значениями индекса потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности за период с 2008 по 2023 гг. представлены на графике (см. рис. 1).

Рисунок 1. Сводный индекс потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности США, Китая, Германии и Японии (2008-2023 гг.)

Сравнение выбранных стран по отдельных категориям индекса также представлено на графиках (см. рис. 2-5).

Рисунок 2. Значение ИПЦТП в категории А «развитие масштаба» США, Китая, Германии и Японии (2008-2023 гг.)

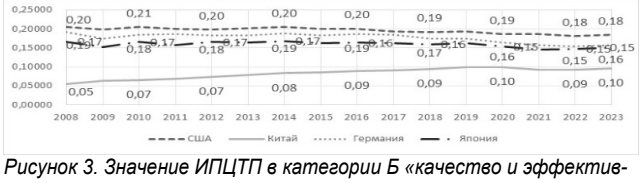


Рисунок 3. Значение ИПЦТП в категории Б «качество и эффективность» США, Китая, Германии и Японии (2008-2023 гг.)

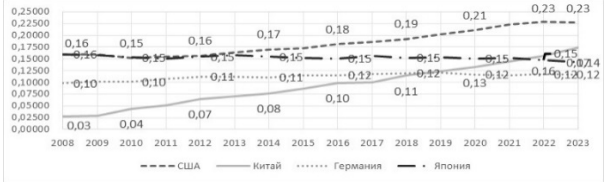


Рисунок 4. Значение ИПЦТП в категории В «технологические инновации» США, Китая, Германии и Японии (2008-2023 гг.)

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, наблюдается тенденция опережающего роста потенциала цифровой трансформации промышленности Китая. В рассматриваемый период темпы роста Китая составили 7,32%, США – 0,64%. При этом выделяются две страны-лидера (США и Китай) и две страны с более низкими показателями (Германия и Япония). Последние имеют ограниченные возможности для конкуренции вследствие стагнации технологического роста и небольших масштабов промышленности. Масштаб промышленности является критически важным фактором для лидирующей роли в новом технологическом укладе мировой экономики.

Во-вторых, заметно отставание Китая от других развитых стран по качеству и эффективности: на 8 пунктов от США и на 5 пунктов от Японии в 2023 году. Значительного сближения с США пока не происходит. Это направление представляет собой зону роста.

В-третьих, наблюдается значительный прогресс в технологическом развитии. За 16 лет Китай, первоначально находившийся в позиции аутсайдера, превратился в серьёзного конкурента развитых стран и сократил отставание от США с 13 пунктов до 5 пунктов в 2023 году. Фактически Китай становится единственным серьёзным конкурентом США в области развития и освоения новейших промышленных технологий.

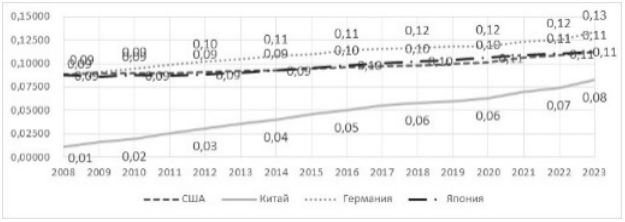


Рисунок 5. Значение ИПЦТП в категории Г «устойчивое развитие» США, Китая, Германии и Японии (2008-2023 гг.)

В-четвёртых, прослеживается тенденция на планомерное укрепление показателей Китая в области устойчивого развития. Страна сократила отставание от Германии (лидера по этому показателю) с 7 пунктов в 2008 году до 2,9 пункта в 2023 году.

Проведённое исследование показывает, что за последние 16 лет Китай действительно превращается в один из главных промышленных драйверов мировой экономики. За относительно небольшой промежуток времени стране удалось перейти из положения аутсайдера в число лидеров в области цифровизации промышленности. Реализация имеющегося потенциала цифровой трансформации зависит от множества факторов, включая социально-политическую стабильность и преемственность текущей экономической политики. Таким образом, цель, поставленная Китаем в 2015 году в долгосрочной программе «Сделано в Китае», выглядит достижимой: к 2035 году все отрасли обрабатывающей промышленности должны достичь уровня развития, соответствующего уровню наиболее развитых промышленных стран [8].

Апробация методики построения данного индекса на примере Китая и других развитых промышленных стран выявляет её достоинства. Первое преимущество – надёжность результатов, обеспечиваемая энтропийным подходом. Однако, в отличие от существующих методик на его основе, предлагаемая методика менее требовательна к данным и более объективна (по сравнению с методиками, опирающимися на экспертные опросы). Система показателей использует данные из открытых источников – международных баз данных, опирается на более общие агрегированные показатели, но даёт сопоставимые результаты. Например, Китайская инженерная академия с 2023 года не публикует данные своего «Индекса развития промышленной мощи» в открытом доступе. Однако известно, что по расчётам авторов в 2024 году Китай значительно укрепил свои позиции в рейтинге и вошёл в число стран второго эшелона (вместе с Германией и Японией, после США) [4].

Следовательно, метод является работоспособным и может применяться в других исследованиях. Таким образом, предлагаемая методика расчёта индекса потенциала цифровой трансформации обрабатывающей промышленности может использоваться для системного мониторинга динамики цифровой трансформации в мировой экономике. На основе данных по многим странам можно проводить сравнения и вырабатывать рекомендации для корректировки курса отдельных национальных экономик в области цифровизации промышленности. Главный недостаток метода – опора на ретроспективные данные. Однако, в отличие от других индексов, он представляет собой доступную и методически менее затратную альтернативу, которая демонстрирует удовлетворительные результаты.

Литература

1. В Пекине состоялась пресс-конференция, посвященная «Отчету об индексе развития обрабатывающей промышленности Китая за 2025 год» и «Зеленой книге о технологических инновациях в ключевых областях обрабатывающей промышленности Китая – Технологической карте (2025)» URL: https://www.cae.cn/cae/html/main/col1/2025-12/31/20251231135745557620559_1.html (дата обращения: 10.05.2026);
2. *Ван В., Ху Ц., Ян Л., Юань Ю.* Вызовы для высокотехнологичной обрабатывающей промышленности Китая и предложения по их преодолению URL: https://nefi.develpress.com/?p=16720 (дата обращения: 10.05.2026);
3. Институт статистики ЮНЕСКО. URL: https://databrowser.uis.unesco.org/resources/bulk (дата обращения: 10.05.2026);
4. Китай достиг цели “сделать первый шаг” в строительстве мощного производственного комплекса и вошел в число ведущих промышленных держав // Beijing Daily, 30.12.2025 URL: https://news.bjd.com.cn/2025/12/30/11494601.shtml (дата обращения: 10.05.2026).
5. Министерство промышленности и информатизации и другие восемь департаментов по ускорению преобразования и модернизации традиционной обрабатывающей промышленности, Министерство промышленности и информатизации, Совместное постановление [2023] № 258 URL: https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202312/content_6923270.htm (дата обращения: 10.05.2026);
6. Отчет о развитии цифровой трансформации в обрабатывающей промышленности (2025), Китайская академия информационных и коммуникационных технологий URL: https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202602/P020260212594730327907.pdf (дата обращения: 10.05.2026);
7. Отчет об индексе развития производственной мощи Китая в 2021 году. Декабрь 2021. URL: https://www.foundersc.com/u/cms/www/ZX/20230721/ab6a4a68d2cd417d95189a7ff063d31d.pdf (дата обращения: 10.05.2026);
8. Сделано в Китае 2025 [8 мая 2015 года] URL: www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm (дата обращения: 13.05.2026);
9. *Чжан Х.* Исследование хода и эффективности цифровой трансформации China Mobile в контексте цифровой экономики // Financial Management Research., 2025, № 5. С. 62-68;
10. *Чжан Ю., Лу М.* Оценка инновационной эффективности высокотехнологичной обрабатывающей промышленности и исследование различий во вводимых элементах // Научно-технический прогресс и решения., 2019, 36(16). С. 51-57;
11. *CEPII BACI Database.* URL: https://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd_modele_item.asp?id=37 (дата обращения: 10.05.2026);
12. *Georgescu-Roegen N.* The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge: Harvard University Press, 1976. 345 p;
13. IEA Energy Statistics Data Browser, Inernational Energy Agency. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser (дата обращения: 10.05.2026);
14. *OECD Data*. URL: https://www.oecd.org/en/data.html (дата обращения: 10.05.2026);
15. *UN National Accounts – Analysis of Main Aggregates.* URL: https://unstats.un.org/unsd/snaama/index (дата обращения: 10.05.2026);
16. UN SDG Indicators Database. URL: https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/database (дата обращения: 10.05.2026);
17. *UNCTADstat Data centre.* URL: https://unctadstat.unctad.org/datacentre/ (дата обращения: 10.05.2026);
18. *UNIDO Data Browser.* URL: https://stat.unido.org/data/table?dataset=indstat&revision=4 (дата обращения: 10.05.2026);
19. *WB DataBank.* URL: https://databank.worldbank.org/ (дата обращения: 10.05.2026);
20. *WB ICT indicators Database.* URL: https://prosperitydata360.worldbank.org/en/dataset/ITU+DDD (дата обращения: 10.05.2026);
21. *WIPO IP Statistics Data Center.* URL: https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/indicator (дата обращения: 10.05.2026);

Assessing the potential for digital transformation in the manufacturing industry: an entropy-based index construction method and its testing using the examples of China, the USA, Germany, and Japan (2008–2023)

Fu Bingjie
LLC "UNCLE PANDA"

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The article is devoted to the problem of assessing the potential of digital transformation of the manufacturing industry. Using the example of the PRC, it is noted that existing methods rely on closed databases, which makes it difficult to independently conduct cross-country comparative studies in this area. The paper proposes a methodology for constructing an index of the potential of digital transformation of the manufacturing industry (IDCTI). The methodology is based on the entropy approach. The indicator system includes 14 indicators grouped into four categories, each of which reflects certain aspects that influence the potential of digital transformation. The methodology was tested using the example of leading industrial powers (China, USA, Germany, Japan) for the period 2008-2023. It is concluded that the proposed methodology is workable, less demanding on data and more objective compared to approaches based on expert assessment. The proposed methodology can thus be used for systematic monitoring of the digital transformation of the manufacturing industry in various economies around the world.

Keywords: digital industrialization, manufacturing industry, global indices, entropy, methodology, China.

References

1. A press conference was held in Beijing on the "2025 China Manufacturing Development Index Report" and the "Green Paper on Technological Innovation in Key Areas of China's Manufacturing Industry – Technology Map (2025)" (in Chinese; 《2025中国制造强国发展指数报告》《中国制造业重点领域技术创新绿皮书—技术路线图（2025）》发布会在京召开). URL: https://www.cae.cn/cae/html/main/col1/2025-12/31/20251231135745557620559_1.html (access date: 05/10/2026);
2. Wang W., Hu C., Yang L., Yuan Yu. Challenges for China's high-tech manufacturing industry and proposals for overcoming them (in Chinese; 王玮东, 胡清元, 杨琳, 袁媛. 中国制造业高端化面临的挑战及对策建议). URL: https://nefi.develpress.com/?p=16720 (access date: 05/10/2026);
3. UNESCO Institute of Statistics. URL: https://databrowser.uis.unesco.org/resources/bulk (access date: 05/10/2026);
4. China has achieved the goal of "taking the first step" in building a powerful industrial complex and has become one of the leading industrial powers // Beijing Daily, 12/30/2025 (in Chinese;我国实现制造强国建设"第一步走"目标，迈入全球制造强国行列). URL: https://news.bjd.com.cn/2025/12/30/11494601.shtml (accessed: 10.05.2026).
5. The Ministry of Industry and Information Technology and Other Eight Departments on Accelerating the Transformation and Upgrading of Traditional Manufacturing Industries, Ministry of Industry and Information Technology, Joint Regulation [2023] No. 258 (in Chinese; 工业和信息化部等八部门关于加快传统制造业转型升级的指导意见, 工信部联规〔2023]258号). URL: https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202312/content_6923270.htm (accessed: 10.05.2026);
6. Digital Transformation Development Report for Manufacturing Industry (2025), China Academy of Information and Communications Technology (in Chinese; 制造业数字化转型发展报告（2025年）. URL: https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202602/P020260212594730327907.pdf (accessed: 10.05.2026);
7. China Manufacturing Strength Development Index Report 2021. December 2021. (in Chinese; 《2021中国制造强国发展指数报告》，2021年12月). URL: https://www.foundersc.com/u/cms/www/ZX/20230721/ab6a4a68d2cd417d95189a7ff063d31d.pdf (access date: 05/10/2026);
8. Made in China 2025 [May 8, 2015] (in Chinese; 中国制造2025 [2015年5月8日]). URL: www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm (accessed: 13.05.2026);
9. Zhang H. Research on the progress and effectiveness of China Mobile's digital transformation in the context of the digital economy // Financial Management Research. (in Chinese; 张慧芳. 数字经济背景下中国移动数字化转型路径及绩效研究 // 财务管理研究), 2025, No. 5. Pp. 62-68;
10. Zhang Yu., Lu M. Evaluation of the innovative efficiency of the high-tech manufacturing industry and the study of differences in input elements // Scientific and technical progress and solutions. (in Chinese; 张永安, 鲁明明. 高技术制造业创新效率评价及要素投入差异性研究 //科技进步与对策), 2019, 36(16). pp. 51-57;
11. CEPII BACI Database. URL: https://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd_modele_item.asp?id=37 (access date: 05/10/2026);
12. Georgescu-Roegen N. The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge: Harvard University Press, 1976. 345 p;
13. IEA Energy Statistics Data Browser, International Energy Agency. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser (accessed: 10.05.2026);
14. OECD Data. URL: https://www.oecd.org/en/data.html (accessed: 10.05.2026);
15. UN National Accounts – Analysis of Main Aggregates. URL: https://unstats.un.org/unsd/snaama/index (accessed: 10.05.2026);
16. UN SDG Indicators Database. URL: https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/database (accessed: 10.05.2026);
17. UNCTADstat Data Centre. URL: https://unctadstat.unctad.org/datacentre/ (accessed: 10.05.2026);
18. UNIDO Data Browser. URL: https://stat.unido.org/data/table?dataset=indstat&revision=4 (accessed: 10.05.2026);
19. WB DataBank. URL: https://databank.worldbank.org/ (accessed: 10.05.2026);
20. WB ICT indicators Database. URL: https://prosperitydata360.worldbank.org/en/dataset/ITU+DDD (accessed: 10.05.2026);
21. WIPO IP Statistics Data Center. URL: https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/indicator (accessed: 10.05.2026);

Глобальные рейтинги конкурентоспособности: сравнительный анализ и системные пробелы

Шиликов Никита Сергеевич
руководитель представительства Россотрудничества в Республике Индонезия, n.shilikov@rs.gov.ru,

Хлопцов Дмитрий Михайлович
д.э.н., профессор, зав. кафедрой экономики, заведующий базовой кафедрой оценки и управления собственностью, РОО при НИ ТГУ, d.khloptsov@tokko.tomsk.ru

В статье представлен системный сравнительный анализ методологических основ ведущих международных систем оценки конкурентоспособности национальных экономик, включая Индекс глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума (WEF GCI), Ежегодник мировой конкурентоспособности Международного института управленческого развития (IMD WCY), а также инструмент Всемирного банка (проект B-READY) и Индекс устойчивого общества, SSI. Целью исследования выступает критическое осмысление эволюции данных оценочных инструментов, выявление их внутренних методологических противоречий и определение концептуальных ограничений в контексте новых экономических реалий, характеризующихся ростом протекционизма, санкционного давления и геоэкономической конфронтации.

На основе проведенного дескриптивного обзора и компаративного анализа демонстрируется, что развитие рейтингов конкурентоспособности проходит в русле общих тенденций: от редукционистских и универсалистских подходов к повышению комплексности и структурной сложности; от жестких количественных метрик к интеграции качественных и экспертных оценок; от статичного измерения к учету контекстуальных факторов, включая уровень экономического развития (WEF) и сбалансированность роста (SSI).

Центральным выводом работы является доказательство наличия фундаментального системного пробела, присущего всем рассмотренным системам. Их методологический аппарат оказывается «слеп» к новому критическому параметру конкурентоспособности XXI века – способности национальной экономики к устойчивому функционированию и развитию в условиях внешних неценовых шоков, таких как целенаправленное санкционное давление, разрыв цепочек добавленной стоимости и технологическая блокада.

Ключевые слова: конкурентоспособность, международные рейтинги, методология, экономическая устойчивость, санкции, геоэкономика.

Введение

В современной мировой экономике позиционирование государств и оценка их инвестиционного климата в значительной степени опираются на результаты международных рейтинговых сопоставлений. Международные рейтинги служат не только инструментом диагностики конкурентных преимуществ и слабых сторон национальных экономик, но и формируют восприятие стран на глобальных рынках капитала. Динамичное изменение глобальной экономической среды, характеризующееся ростом протекционизма, санкционной конфронтацией и вызовами для глобальных цепочек поставок, ставит под принципиальный вопрос адекватность существующих методологий оценки. Эти методологии, включая подходы ВЭФ, IMD, Всемирного банка (Doing Business, B-READY) и других организаций, были разработаны и применялись в парадигме стабильной глобальной интеграции и либерального экономического порядка. Их аналитический аппарат направлен на измерение эффективности, производительности и качества институтов в «мирных» условиях, предполагающих открытость рынков и предсказуемость внешней среды.

Целью настоящей статьи является проведение системного сравнительного анализа методологий ведущих международных рейтингов конкурентоспособности для выявления их эволюционных трендов и, что наиболее важно, фундаментальных системных ограничений в контексте новых геоэкономических реалий. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: провести содержательную классификацию и дать развернутое описание ключевых международных рейтинговых систем, выделив их целевую направленность (комплексные, специализированные, отраслевые); осуществить детальный сравнительный анализ их методологических основ, архитектуры, ключевых показателей и источников данных, выявив внутренние противоречия и сильные стороны каждой модели; на основе компаративного подхода выявить универсальные тенденции развития данных инструментов, а также определить концептуальные пробелы, в особенности связанные с неспособностью оценить устойчивость экономики к санкционному давлению и иным внешним шокам.

Методологическую основу исследования составляют методы систематизации, сравнительного (компаративного) анализа и классификации, что позволяет структурировать многообразие оценочных инструментов и провести их последовательное критическое сопоставление.

Результаты

Современный научный и экспертный консенсус [1, 2] сводится к тому, что конкурентоспособность государства – это способность страны и ее институтов обеспечивать стабильные темпы экономического роста, достижение высокого уровня жизни населения и общественного благосостояния. Данное определение интегрирует ключевые компоненты: роль институтов, экономический рост как процесс и повышение благосостояния как конечную цель. Оно легло в основу методологий ведущих глобальных рейтингов (ВЭФ, IMD), которые оценивают широкий спектр факторов. Современная геоэкономическая конфронтация обнажила концептуальную несостоятельность этих традиционных моделей, так как они методологически игнорируют способность экономики к адаптации и устойчивому развитию в условиях внешних неценовых шоков. Для преодоления этого концептуального ограничения предлагается уточненное определение: международная конкурентоспособность государства – это институционально обеспеченная способность национальной экономической системы не только обеспечивать высокий и устойчивый уровень благосостояния через развитие производительности и инноваций, но и сохранять, а также воспроизводить эти конкурентные преимущества в условиях внешних неценовых вызовов экономической безопасности.

Многообразие существующих инструментов оценки конкурентоспособности государства можно систематизировать по ключевому предмету исследования и целевому назначению. Все рейтинги конкурентоспособности государств можно разделить на четыре основные категории.

1. Комплексные рейтинги оценивают широкий спектр институциональных, макроэкономических, инновационных и социальных факторов, определяющих долгосрочный экономический рост и производительность на макроуровне. Их цель – создать целостную картину конкурентных преимуществ и ограничений национальной экономики. Классическими примерами являются: Индекс глобальной конкурентоспособности

(Global Competitiveness Index, GCI) Всемирного экономического форума (WEF [3]); Ежегодник мировой конкурентоспособности (World Competitiveness Yearbook, WCY) Международного института управленческого развития (IMD [4]); Рейтинг конкурентоспособности южнокорейского Института исследований промышленной политики (IPSR), который выделяется стратегическим, а не калькулятивным подходом, фокусируется на выборе оптимальной конкурентной стратегии в зависимости от стадии развития страны [5] и др..

2. Специализированные рейтинги деловой и регуляторной среды концентрируются на микроуровне, оценивая прежде всего условия для создания и ведения бизнеса, качество регулирования и эффективность государственных услуг. Их задача – диагностика конкретных барьеров и издержек для частного сектора. В эту категорию входят закрытый рейтинг «Ведение бизнеса» (Doing Business [6]) и его преемник – новый проект «Business Ready» (B-READY) Всемирного банка [7]; Индекс эффективности логистики (Logistics Performance Index, LPI) Всемирного банка [8], оценивающий качество логистической инфраструктуры и цепочек поставок; инициатива «Ориентируясь на рост» (Going for Growth) ОЭСР [9], представляющая собой углубленный сравнительный анализ структурных политик, и др.

3. Индексы устойчивого развития и социально-экономического баланса расширяют традиционную экономическую парадигму за счет интеграции экологических и социальных критериев, измеряя сбалансированность и долгосрочную жизнеспособность развития. Примером служит Индекс устойчивого общества (Sustainable Society Index, SSI [10]).

4. Региональные и национальные диагностические инструменты адаптируют общие методологии к специфическим условиям конкретного региона или страны и служат прямым инструментом для выработки государственной политики. К ним относятся региональные анализы Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) для различных групп стран [11]; процедура «Европейский семестр» (European Semester) Европейского союза – механизм координации экономической и бюджетной политики стран-членов ЕС [12]; национальные отчеты и советы по конкурентоспособности, функционирующие в таких странах, как Ирландия [13], США [14] и других государствах-членах ЕС [15] и др.

Отдельно в научном и практическом обороте находятся кредитные рейтинги (например, агентства Standard & Poor's [16], Moody's [17], Fitch [18]), которые оценивают суверенный кредитный риск. Несмотря на то, что они являются важным аспектом инвестиционного климата, их предметная область узко специализирована и напрямую не измеряет комплексную конкурентоспособность экономики.

Данная классификация создает основу для последующего детального сравнительного анализа методологических основ и эволюции ключевых рейтингов в каждой из выделенных категорий

Индекс глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума (Global Competitiveness Index, GCI [3]), являвшийся с 2004 года основным инструментом комплексной оценки, представляет собой наиболее признанную в международной практике систему, основанную на производительно-ориентированной парадигме. Его ключевая цель – измерение совокупности институциональных, политических и экономических факторов, определяющих уровень производительности и долгосрочный рост национальной экономики. Методологическая сложность GCI заключается в его многоуровневой структуре. Индекс агрегирует 113 переменных, сгруппированных в 12 ключевых показателей-«столпов». Эти «столпы», в свою очередь, объединены в четыре фундаментальные группы факторов, охватывающие все аспекты социально-экономического развития:

- Благоприятные условия: институты, инфраструктура, макроэкономическая стабильность, здравоохранение и начальное образование.

- Человеческий капитал: высшее образование и профессиональные навыки.

- Рынки: эффективность рынков товаров, труда, финансовых рынков и размер рынка.

- Инновационная экосистема: динамизм бизнеса и инновационные возможности [19].

Важнейшим концептуальным элементом методологии ВЭФ является принцип стадийности развития. Согласно ему, значимость отдельных факторов варьируется в зависимости от уровня ВВП на душу населения страны. Выделяются три стадии:

- Факторо-ориентированная экономика: приоритет — базовые требования (институты, инфраструктура, макростабильность).

- Эффективность-ориентированная экономика: возрастает роль факторов эффективности (качество образования, развитость рынков).

- Инновации-ориентированная экономика: ключевыми становятся факторы инноваций и сложности бизнес-среды.

Для формирования оценки GCI применяется комбинирование двух типов данных:

- Качественные (опросные) данные (70% веса): Результаты ежегодного опроса руководителей компаний (Executive Opinion Survey), позволяющие учесть субъективное восприятие делового климата и качественные параметры, не имеющие точных статистических измерений.

- Количественные (статистические) данные (30% веса): Объективные показатели из международных источников (МВФ, Всемирный банк, специализированные агентства ООН).

Методология индекса не была статичной. Ее значительная ревизия в 2018 году отразила стремление учесть новые вызовы, сделав акцент на человеческом капитале, инновационном потенциале и технологической готовности. Однако после 2019 года регулярная ежегодная публикация сводного рейтинга была приостановлена.

Сильной стороной Индекса глобальной конкурентоспособности ВЭФ является его комплексный и адаптивный методологический дизайн. Во-первых, он основан на производительно-ориентированной парадигме, что позволяет измерять глубинные детерминанты долгосрочного экономического роста, а не только его текущие результаты. Во-вторых, архитектура индекса отражает понимание синергетического характера конкурентоспособности, где успех зависит от взаимосвязи институтов, человеческого капитала, рынков и инноваций. В-третьих, введение принципа стадийности развития, позволяет проводить более релевантные сравнения стран, находящихся на разных этапах экономического развития, и давать дифференцированные рекомендации. Наконец, комбинирование объективных статистических данных с результатами масштабного опроса руководителей компаний обеспечивает баланс между количественными метриками и качественной оценкой делового климата, недоступной через официальную статистику.

Несмотря на методологическую проработанность, индекс ВЭФ обладает рядом существенных концептуальных и практических ограничений. Несмотря на декларируемую сбалансированность, внутренняя структура индекса содержит диспропорции: агрегация 12 «столпов» в четыре группы приводит к неравному влиянию этих групп на итоговый результат, создавая скрытое смещение в пользу оценки текущих рыночных условий в ущерб факторам долгосрочного инновационного развития. Эти ограничения ставят под вопрос адекватность модели GCI для оценки конкурентоспособности в условиях растущей нестабильности и конфронтации в мировой экономике. Ключевым системным недостатком является его ориентация на парадигму стабильной глобализации, что делает методологию «слепой» к новым вызовам геоэкономической конфронтации, тем самым подтверждая наличие общего для всех рассмотренных систем фундаментального пробела.

Ежегодник мировой конкурентоспособности Международного института управленческого развития (IMD World Competitiveness Yearbook, WCY [4]), публикуемый с 1989 года, занимает особое место в ландшафте международных оценок. Несмотря на внешнее сходство с подходом ВЭФ, IMD представляет собой принципиально иную философию измерения. Если GCI фокусируется на диагностике глубинных детерминант долгосрочной производительности, то WCY применяет операционный подход, оценивая текущую способность национальной экономики обеспечивать благосостояние своих граждан. Это достигается за счет сбалансированного учета как факторов роста (институты, инфраструктура), так и уже достигнутых практических результатов (макроэкономические показатели, эффективность бизнеса).

Методологическая основа рейтинга характеризуется высокой степенью структурной ясности. Анализ проводится на основе 332 критериев, которые делятся на два типа: «жесткие» количественные данные (2/3 веса): статистические показатели из международных организаций и национальных источников (ВВП, инфляция, показатели инфраструктуры); «мягкие» качественные данные (1/3 веса): результаты опроса руководителей бизнеса, отражающие субъективное восприятие делового климата, качества управления и институтов. Все критерии сгруппированы в 20 равнозначных подфакторов (по 5% веса каждый), которые, в свою очередь, объединены в четыре ключевые сферы: экономическая деятельность, эффективность правительства, эффективность бизнеса и инфраструктура (табл. 1).

Принцип равного веса подфакторов обеспечивает прозрачность и простоту агрегации, минимизируя субъективные искажения, характерные для более сложных многоуровневых моделей.

Сильной стороной методологии IMD является ее операционная ориентация и сбалансированность. Рейтинг предоставляет комплексную оценку, где успешность экономики измеряется не только ее потенциалом (как у ВЭФ), но и ее текущими результатами. Это делает WCY прагматичным инструментом для бизнеса и инвесторов, оценивающих сего-

дняшнее состояние среды. Ключевым преимуществом является структурная прозрачность и воспроизводимость модели. Принцип равного веса 20 подфакторов создает простую для понимания и верификации систему, снижающую риски скрытых методологических смещений. Кроме того, сознательное преобладание объективных статистических данных (2/3 веса) над опросными повышает достоверность и сравнимость оценок, опираясь на измеримые, верифицируемые показатели, что усиливает восприятие рейтинга как объективного инструментария бенчмаркинга.

Таблица 1
Верхние структурные уровни рейтинга конкурентоспособности IMD [4]

Сфера	Подфакторы
I. Экономическая активность	1. Национальная экономика 2. Международная торговля 3. Инвестиции 4. Занятость 5. Уровень цен
II. Эффективность правительства	6. Государственные финансы 7. Налоговая политика 8. Институциональные основы 9. Регулирование бизнеса 10. Социальная сфера
III. Эффективность бизнеса	11. Производительность 12. Рынок труда 13. Финансы 14. Практики управления 15. Поведение и ценности
IV. Развитость инфраструктуры	16. Базовая инфраструктура 17. Технологическая инфраструктура 18. Научная инфраструктура 19. Здравоохранение и окружающая среда 20. Образование

Главным методологическим недостатком рейтинга IMD является упрощенность, порождаемая принципом равного веса подфакторов. Данный подход, стремясь к прозрачности, не отражает разную теоретическую и практическую значимость различных аспектов конкурентоспособности, искусственно приравнивая, например, «Уровень цен» к «Качеству институтов». Акцент на объективных данных, являясь сильной стороной, одновременно выступает и ограничением, так как неизбежно сужает фокус оценки. Методология оказывается менее чувствительной к качественным, институциональным и перспективным аспектам, которые сложно измерить количественно, но которые являются критическими для долгосрочного роста. Как и другие рассмотренные системы, WCY имплицитно ориентирован на стандарты развитых рыночных экономик и, что наиболее важно в контексте данного исследования, полностью игнорирует способность экономики к адаптации и устойчивому функционированию в условиях внешних неценовых шоков, таких как санкционное давление или разрыв логистических цепочек.

Проект «Business Ready» (B-READY) [7], запущенный Всемирным банком в качестве преемника дискредитированного [20] рейтинга «Doing Business», представляет собой не просто обновление, а принципиальную методологическую эволюцию. Его цель – преодолеть критику чрезмерного редукционизма предшественника и создать глобальный эталон для оценки деловой среды, адаптированный к вызовам 2020-х годов. С 2024 года проект находится в стадии поэтапного внедрения, с планами охватить около 180 стран к 2026 году. Методология B-READY основана на системном взгляде на взаимодействие бизнеса и государства через призму жизненного цикла компании (создание, функционирование, закрытие). Ключевым инновационным элементом является трехкомпонентная структура оценки по каждому из десяти тематических разделов: «нормативная база»: оценка качества, ясности и устойчивости правил; «государственные услуги»: анализ доступности, цифровизации и эффективности публичных сервисов, обеспечивающих соблюдение нормативных требований; «операционная эффективность»: измерение временных и финансовых издержек бизнеса на практике [7].

Методология интегрирует три сквозные темы, отражающие современные глобальные приоритеты: цифровизация, экологическая устойчивость и гендерное равенство. Для сбора данных используется комбинированный подход, включающий экспертные опросы для оценки нормативной базы и госуслуг, а также репрезентативные опросы предприятий для измерения операционной эффективности, что позволяет охватить компании разного масштаба и секторов. Сильной стороной проекта B-READY является его комплексный и качественно новый подход к оценке деловой среды. Переход от простого измерения издержек («сколько дней») к трехкомпонентной модели (нормативная база, государственные услуги, операционная эффективность) позволяет преодолеть главный недостаток «Doing Business» – разрыв между законодательством де-юре и практикой де-факто. Интеграция сквозных тем (цифровизация, экология, гендер) напрямую связывает оценку бизнес-климата с актуальными глобальными повестками в области устойчивого развития и технологической трансформации, отражая современные драйверы производительности. Фокус на компоненте «Государственные услуги» смещает парадигму с восприятия государства лишь как источника регуляторного бремени на оценку его роли как провайдера критически важной цифровой и институциональной инфраструктуры для бизнеса.

Несмотря на значительный методологический прогресс, проект имеет системные ограничения. Подобно своему предшественнику, он остается технократическим инструментом, сфокусированным на вопросах, для которых существуют «утвержденные лучшие практики». Этот подход предполагает единую нормативную модель оптимального регулирования, которая может игнорировать различия в уровне развития, размере экономики, а также политические и культурные контексты. Сохраняется фундаментальное концептуальное ограничение: рейтинг был разработан в парадигме стабильной и интегрированной глобальной экономики. Также можно поставить вопрос о том, как показатели гендерного равенства влияют на интегральную оценку деловой среды и, следовательно, на итоговое место страны в рейтинге. Универсальное навязывание конкретного набора социальных индикаторов в качестве обязательного условия «качественной» деловой среды игнорирует социально-культурный, религиозный и исторический контекст различных стран. Таким образом, рейтинг из инструмента измерения превращается в инструмент цивилизационного эталонирования, что противоречит принципам суверенного экономического развития.

Индекс устойчивого общества (Sustainable Society Index, SSI [10]) занимает особое место в ландшафте международных оценок, представляя собой радикальное расширение самой парадигмы конкурентоспособности. Если традиционные рейтинги фокусируются на экономической эффективности и производительности, то SSI ставит во главу угла долгосрочную жизнеспособность и сбалансированность развития. Разработанный в начале 2000-х годов и поддерживаемый Кельнским университетом прикладных наук, индекс эволюционировал до версии 2.0 (2022), которая обеспечивает сопоставимый анализ динамики с 2000 года для широкого круга стран.

Ключевым концептуальным вкладом SSI является его трехмерная структура, явно уравнивающая в правах «Экологическое благополучие», «Человеческое благополучие» и «Экономическое благополучие». Такой подход напрямую бросает вызов традиционным моделям, операционализируя концепцию устойчивого развития и наглядно демонстрируя, что высокие экономические показатели при деградации природного капитала и социальном неравенстве являются тупиковой траекторией. Методология сочетает оценку текущего состояния (например, качество воздуха, уровень образования) с показателями переходного процесса (доля возобновляемой энергии), что позволяет использовать индекс не только как статичный «снимок», но и как инструмент мониторинга прогресса в достижении баланса между тремя измерениями (табл. 2).

Таблица 2
Структура Индекса SSI [10]

Человеческое благополучия	Экологическое благополучие	Экономическое благополучие
Базовые потребности 1. Достаточное количество еды 2. Достаточное количество воды 3. Безопасные санитарные условия	Природные ресурсы 1. Биоразнообразие 2. Возобновляемые водные ресурсы 3. Уровень потребления	Переход к устойчивому развитию 1. Органическое земледелие 2. Чистые сбережения
Персональное развитие и здоровье 1. Образование 2. Здоровье 3. Гендерное равенство	Климат и энергетика 1. Энергопотребление 2. Энергосбережение 3. Выбросы парниковых газов 4. Возобновляемая энергетика	Экономические показатели 1. Валовой внутренний продукт (ВВП) 2. Занятость населения 3. Государственный долг
Сбалансированное общество 1. Распределение доходов 2. Динамика населения 3. Справедливое управление		

Сильной стороной Индекса устойчивого общества является его концептуальная ясность и системный подход к оценке развития. Через трехмерную модель SSI наглядно выявляет дисбалансы и компромиссы, неизбежно возникающие при одностороннем оценивании экономического роста, предоставляя политикам и обществу понятный инструмент для стратегического выбора. Индекс выполняет важную нормативную функцию, задавая эталон сбалансированного развития и способствуя интеграции экологических и социальных императивов в экономическую политику.

Однако эта же нормативность является источником его основных ограничений. Во-первых, SSI имплицитно предполагает гармоничное развитие по всем направлениям как идеал, зачастую выставляя низкие оценки странам с объективно неизбежными на определенных этапах развития дисбалансами (например, ресурсозависимым экономикам). Индекс не предлагает решений для политических дилемм и конфликтов целей, таких как обеспечение занятости при «зеленом» переходе или финансирование социальных программ в период трансформации. Главное же системное ограничение SSI в контексте настоящего исследования заключается в его парадигмальной привязке к долгосрочным трендам «устойчивого мира».

Заключение

Проведенный системный сравнительный анализ методологических основ ведущих международных рейтингов конкурентоспособности (WEF GCI, IMD WCY, B-READY, SSI) позволяет сделать ряд принципиальных выводов, определяющих как академическое понимание категории конкурентоспособности, так и практические ориентиры для ее оценки в XXI веке. Исследование подтверждает, что эволюция данных оценочных систем идет по пути наращивания комплексности и попыток учета контекста. Наблюдается переход от редукционистских моделей к более сбалансированным, сочетающим оценку потенциала и результатов (IMD) и к интеграции сквозных социально-экологических тем (B-READY, SSI). Эта динамика отражает стремление создать более адекватные инструменты измерения в усложняющемся мире.

Всесторонний анализ выявил наличие фундаментального, сквозного для всех рассмотренных систем методологического пробела. Независимо от степени сложности, фокуса на макро- или микроуровне, ориентации на эффективность или устойчивость, ключевые рейтинги были сконструированы в парадигме стабильной глобализации, либерального экономического порядка и предсказуемых внешних условий. В результате их аналитический аппарат оказывается концептуально «слеп» к новому критическому императиву – способности национальной экономики к устойчивому функционированию, адаптации и воспроизводству конкурентных преимуществ в условиях внешних неценовых шоков, таких как санкционное давление, технологическая блокада и целенаправленная дестабилизация глобальных цепочек создания стоимости. Перспективы дальнейших исследований видятся в разработке конкретных метрик и индикаторов, способных измерить параметры санкционной устойчивости, логистической и технологической гибкости, валютно-финансового суверенитета. Это создаст основу либо для кардинальной адаптации существующих рейтинговых систем, либо для формирования новых диагностических платформ, адекватных вызовам эпохи геоэкономической конфронтации и обеспечивающих стратегическое видение для национальных экономик, находящихся под внешним давлением.

Литература

1. Никитина М. Г., Буценко И. Н. Синтез научных представлений о понятии «конкурентоспособность страны» // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2024. Т. 10 (76), № 1. С. 58–67.
2. Портер М. Е. Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран. Москва: Альпина Пабл., 2016. 947 с.
3. World Economic Forum. Official website. URL: https://www.weforum.org/ (дата обращения: 10.01.2026).
4. IMD World Competitiveness Center. Official website. URL: https://www.imd.org/centers/wcc/ (дата обращения: 10.01.2026).
5. South Korea Competitiveness Rank. Trading Economics. URL: https://tradingeconomics.com/south-korea/competitiveness-rank (дата обращения: 10.01.2026).
6. World Bank. Doing Business archive. Official website. URL: https://www.doingbusiness.org/en/archive (дата обращения: 10.01.2026).
7. Business Ready (B-READY) 2024 Methodology Handbook. World Bank Group. Washington, D.C., 2024. URL: https://www.worldbank.org/en/businessready (дата обращения: 29.01.2026).
8. World Bank. Logistics Performance Index (LPI). Official website. URL: https://lpi.worldbank.org/ (дата обращения: 10.01.2026).
9. OECD Economic Policy Reforms 2023: Going for Growth. Paris: OECD Publishing, 2023. URL: https://doi.org/10.1787/9953de23-en (дата обращения: 10.01.2026).
10. SSI – Sustainable Society Index. Official website. URL: https://ssi.wi.th-koeln.de/ (дата обращения: 10.10.2025).
11. Оценка влияния интеграции на уровень конкурентоспособности государств-членов Евразийского политического союза. Евразийская экономическая комиссия. 2020. URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/8bc/Doklad_12.12-_r_.pdf (дата обращения: 10.01.2026).
12. The European Semester. European Commission. URL: https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/european-semester_en (дата обращения: 10.01.2026).
13. The National Competitiveness and Productivity Council. Government of Ireland. URL: https://www.competitiveness.ie/ (дата обращения: 10.01.2026).
14. Building a Competitive America: First Report to the President and Congress. Washington, DC: Competitiveness Policy Council, 1992. 60 p.
15. The Council of the European Union. Official website. URL: https://www.consilium.europa.eu/en/ (дата обращения: 10.01.2026).
16. S&P Global Ratings. Official website. URL: https://www.spglobal.com/ratings/en (дата обращения: 10.01.2026).
17. Moody's Ratings. Official website [Electronic resource]. URL: https://ratings.moodys.io/ (дата обращения: 10.01.2026).
18. Fitch Ratings. Official website. URL: https://www.fitchratings.com/ (дата обращения: 10.01.2026).
19. The Global Competitiveness Report 2018. World Economic Forum. Geneva, 2018. URL: https://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf (дата обращения: 10.01.2026).
20. Stop Doing Business. Project Syndicate. 2020. 10 Sept. URL: https://www.project-syndicate.org/commentary/world-bank-should-scrap-doing-business-index-by-jayati-ghosh-2020-09 (дата обращения: 10.01.2026).

Global Competitiveness Rankings: A Comparative Analysis and Systemic Gaps

Shilikov N.S., Khloptsov D.M.
Tomsk State University

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

This article presents a systematic comparative analysis of the methodological foundations of leading international systems for assessing the competitiveness of national economies, including the World Economic Forum's Global Competitiveness Index (WEF GCI), the International Institute for Management Development's World Competitiveness Yearbook (IMD WCY), as well as the World Bank's tool (B-READY project) and the Sustainable Society Index (SSI).

The goal of the study is a critical examination of the evolution of these assessment instruments, the identification of their internal methodological contradictions, and the determination of their conceptual limitations within the context of the new realities of the economy, characterized by rising protectionism, sanctions pressure, and geoeconomic confrontation.

Based on a descriptive review and comparative analysis, it is demonstrated that the development of competitiveness rankings follows general trends: from reductionist and universalist approaches towards increased complexity and structural sophistication; from rigid quantitative metrics to the integration of qualitative and expert assessments; from static measurement to the consideration of contextual factors, including the level of economic development (WEF) and the balance of growth (SSI).

The central conclusion of the work is the proof of a fundamental systemic gap inherent in all the systems under consideration. Their methodological apparatus does not capture a new critical parameter of 21st-century competitiveness – the ability of a national economy to function and develop sustainably under external non-price shocks, such as targeted sanctions pressure, the disruption of value chains, and technological blockade.

Keywords: competitiveness, international rankings, methodology, economic resilience, sanctions, geoeconomics.

References

1. Nikitina, M.G., Butsenko, I.N. Synthesis of scientific views on the concept of "country competitiveness" // Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Economics and Management. 2024. Vol. 10 (76), No. 1. Pp. 58–67.
2. Porter, M.E. International Competition. Competitive Advantages of Nations. Moscow: Alpina Publisher, 2016. 947 p.
3. World Economic Forum. Official website. Available at: https://www.weforum.org/ (accessed on 10 January 2026).
4. IMD World Competitiveness Center. Official website. Available at: https://www.imd.org/centers/wcc/ (accessed on 10 January 2026).
5. South Korea Competitiveness Rank. Trading Economics. Available at: https://tradingeconomics.com/south-korea/competitiveness-rank (accessed on 10 January 2026).
6. World Bank. Doing Business archive. Official website. Available at: https://www.doingbusiness.org/en/archive (accessed on 10 January 2026).
7. Business Ready (B-READY) 2024 Methodology Handbook. World Bank Group. Washington, D.C., 2024. Available at: https://www.worldbank.org/en/businessready (accessed on 29 January 2026).
8. World Bank. Logistics Performance Index (LPI). Official website. Available at: https://lpi.worldbank.org/ (accessed on 10 January 2026).
9. OECD Economic Policy Reforms 2023: Going for Growth. Paris: OECD Publishing, 2023. Available at: https://doi.org/10.1787/9953de23-en (accessed on 10 January 2026).
10. SSI – Sustainable Society Index. Official website. Available at: https://ssi.wi.th-koeln.de/ (accessed on 10 October 2025).
11. Assessment of the impact of integration on the competitiveness level of Eurasian Economic Union member states. Eurasian Economic Commission, 2020. Available at: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/8bc/Doklad_12.12-r.pdf (accessed on 10 January 2026).

12. The European Semester. European Commission. Available at: https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/european-semester_en (accessed on 10 January 2026).
13. The National Competitiveness and Productivity Council. Government of Ireland. Available at: https://www.competitiveness.ie/ (accessed on 10 January 2026).
14. Building a Competitive America: First Report to the President and Congress. Washington, DC: Competitiveness Policy Council, 1992. 60 p.
15. The Council of the European Union. Official website. Available at: https://www.consilium.europa.eu/en/ (accessed on 10 January 2026).
16. S&P Global Ratings. Official website. Available at: https://www.spglobal.com/ratings/en (accessed on 10 January 2026).
17. Moody's Ratings. Official website. Available at: https://ratings.moodys.io/ (accessed on 10 January 2026).
18. Fitch Ratings. Official website. Available at: https://www.fitchratings.com/ (accessed on 10 January 2026).
19. The Global Competitiveness Report 2018. World Economic Forum. Geneva, 2018. Available at: https://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf (accessed on 10 January 2026).
20. Stop Doing Business. Project Syndicate, 2020. 10 Sept. Available at: https://www.project-syndicate.org/commentary/world-bank-should-scrap-doing-business-index-by-jayati-ghosh-2020-09 (accessed on 10 January 2026).

Инновационно-технологическая стратегия компании British Petroleum (BP) в условиях четвёртого энергоперехода

Попадько Наталия Владимировна
к.т.н., доцент кафедры стратегического управления ТЭК, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, popadko.n@gubkin.ru,

Мирхоленко Диана Дмитриевна
студент, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, d120504@yandex.ru

Четвёртый энергетический переход представляет собой качественно новую фазу глобальной трансформации энергосистемы. Особенность четвёртого энергоперехода заключается в его структурно-системном характере: он одновременно охватывает производство электроэнергии, транспорт, промышленную и бытовую теплогенерацию, требует интеграции нескольких технологических платформ — альтернативной энергетики, аккумуляторного хранения, водородной экономики, систем улавливания и хранения углерода (CCUS), а также цифровых решений на базе искусственного интеллекта (ИИ) для управления распределёнными энергосистемами. Для крупных интегрированных нефтегазовых компаний это означает необходимость одновременного управления тремя горизонтами: эксплуатацией зрелых углеводородных активов, переходным портфелем низкоуглеродных решений и поисковыми инвестициями в прорывные технологии.
Стратегия British Petroleum (BP) представляет собой показательный вариант адаптации традиционной нефтегазовой компании к одновременному давлению инвесторов, регуляторов и быстро меняющегося технологического рынка [1-5, 17, 18]. Изменения в корпоративной стратегии BP (февраль 2025 года), фактически означающие пересмотр амбициозной программы развития 2020 года и возвращение к более консервативной модели роста, вызвали неоднозначную реакцию у заинтересованных сторон, мнения разделились от «отступление от энергоперехода» до «пример рационализации стратегии» в условиях технологической и регуляторной неопределённости.
Ключевые слова: инновационно-технологическая стратегия, British Petroleum (BP), инновационный профиль, уровень технологической готовности (Technology Readiness Levels, TRL), НИОКР, инвестиционные решения, ключевые сегменты энергоперехода.

Сравнительный анализ инновационных расходов

Аналитический разрыв между BP и конкурентами имеет три качественных измерения (таблица 1, рисунок 1). Во-первых, по абсолютному объёму расходов: 301 млн долл. у BP против 1,099 млрд долл. у Shell и 1,000 млрд долл. у TotalEnergies. Во-вторых, по доле НИОКР, направляемых в низкоуглеродные технологии: у BP это менее половины бюджета (с акцентом на цифровизацию УВ), у Shell — около 50 %, у TotalEnergies — около 65 %. В-третьих, по характеру финансируемых разработок: BP концентрируется на прикладных и интеграционных решениях, тогда как конкуренты вкладывают существенные средства в фундаментальные технологии (электролиз нового поколения, твердотельные батареи, прорывные методы CCS).

Низкий уровень внутренних расходов BP при сохранении амбициозных проектов в области H_2/CCS и активном использовании цифровых технологий указывает на стратегию «интегратора технологий».

Таблица 1
BP и конкуренты: годовые инвестиции в НИОКР (2024 г.)

Компания	НИОКР, млн USD (2024)	Фокус на низкоуглеродные технологии	Комментарий
BP	301	Цифровизация УВ-сегмента и поддержка низкоуглеродного портфеля	Минимальные R&D-расходы среди европейских мейджоров
Shell	1 099	≈ 500 млн USD (около половины бюджета)	Значительные инвестиции в биотопливо и SAF
TotalEnergies	1 000	≈ 65 % бюджета (новые энергии, CCUS, батареи)	Технологическое лидерство с акцентом на энергопереход

Источник: составлено по данным корпоративной отчётности компаний [1-5, 12, 13].

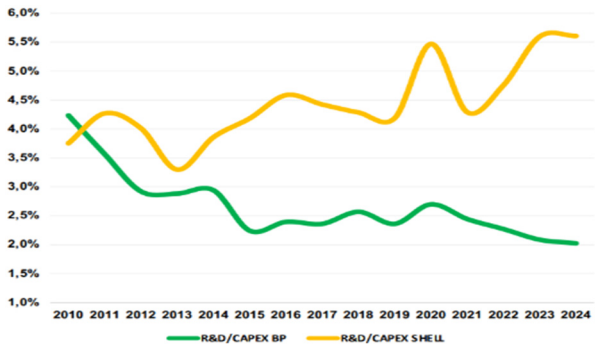


Рисунок 1 – Сравнение инновационной активности компаний BP/Shell 2010-2024, %
Источник: составлено на основе S□ARTLAB [16]

BP не стремится самостоятельно разрабатывать широкий спектр прорывных решений с нуля, а предпочитает приобретать, лицензировать или масштабировать уже доказанные внешние технологии через венчурное финансирование (BP Ventures), слияния и поглощения (Archaea Energy, Lightsource BP) и стратегические партнёрства (Palantir, BASF, JERA, Stem) [14, 15]. Эта модель позволяет минимизировать риски и временные затраты ранних стадий R&D, но создаёт зависимость от внешних технологических партнёров и ограничивает потенциал получения сверхприбыли от защищённых патентами прорывов.

Инновационная активность: фокусы и инструменты

Инвестиции BP сосредоточены в трёх ключевых областях, где компания видит потенциал коммерческой отдачи. Первая — биоэнергетика. Приобретение полного владения BP BIOENERGY в Бразилии в 2024 году (объём производства 50 тыс. баррелей этанола в день) и развёртывание Archaea Energy в США позволили компании выйти на лидирующие позиции в производстве биотоплива и возобновляемого природного газа. Вторая — инфраструктура зарядки электромобилей: BP PULSE реализует партнёрство с Simon по развёртыванию 75 ультрабыстрых хабов в США и аналогичные программы в Великобритании и Германии. Третья — связка «водород + CCUS», ориентированная преимущественно на декарбонизацию собственных операций (НПЗ Lingen, Teesside) и обеспечивающая интеграцию с существующей инфраструктурой.

Ключевым инструментом доступа к внешним прорывным технологиям выступает BP Ventures [5]. Структурно венчурный портфель BP охватывает три области: поддержку текущих УВ-операций (геофизика, цифровое моделирование), дисциплинированное инвестирование в переходные бизнесы (H_2, биотопливо, EV-зарядка) и точечное исследование прорывных технологий («белых пятен» — например, перспективных методов хранения энергии). Показательным примером является инвестиция 12,5 млн долл. в Advanced Ionics в 2023 году — компанию-разработчика технологии электролизёра на водяном паре Symbio, направленной на снижение стоимости и энергоёмкости зелёного водорода в 2–3 раза.

Наиболее успешным и непосредственно прибыльным инновационным направлением BP в 2023–2025 гг. стала цифровизация и внедрение ИИ в основной бизнес. Платформа Launchpad используется для ускоренного развёртывания технологий, повышающих операционную эффективность и безопасность. Ключевые цифровые инструменты:

- Automated Well Trajectory Optimization (AWTO) - система высокопроизводительных вычислений, позволяющая проектировать сложные траектории бурения буквально за несколько дней, тогда как раньше на это уходило около двух месяцев;
- Optimization Genie AI - инструмент, который помогает находить неочевидные резервы для роста добычи. На хабе Atlantis в Мексиканском заливе с его помощью получили дополнительные 2 000 баррелей в сутки - и всё это без капитальных вложений, лишь благодаря тонкой настройке параметров эксплуатации;
- Wells Assistant (GenAI) - платформа на базе генеративного ИИ, открывающая инженерам мгновенный доступ к столетнему архиву знаний BP.

Патентная и лицензионная активность в инновационных сегментах

В 2024 году BP перешла к «хай-грейдингу» портфеля H_2 и CCS, сократив его с более чем 30 возможностей до 5–10 приоритетных проектов; четыре из них достигли FID. В 2024 году принято финальное инвестиционное решение по проекту Lingen Green Hydrogen в Германии (100 МВт, 11 000 тонн водорода в год), полностью предназначенному для декарбонизации собственного НПЗ. Подписано соглашение между BP и коалицией MachH2 с Министерством энергетики США объёмом 1 млрд долл. на создание регионального низкоуглеродного водородного хаба. Расширено сотрудничество с Palantir для развёртывания программного обеспечения, поддерживающего производство УВ, и подписано соглашение с NASA о совместном использовании технологий, разработанных в условиях экстремальных сред.

Лицензионная активность в сегменте углеводородов в 2024 году обеспечивала наиболее непосредственную и высокодоходную отдачу. В мае 2024 года BP получила специальную лицензию OFAC США для совместной разработки трансграничного газового месторождения Manakin-Cocuina (Тринидад и Тобаго / Венесуэла). В Египте сформировано совместное предприятие Arcius Energy (51 % BP) для развития ресурсов природного газа. На норвежском континентальном шельфе компания Aker BP, в которой BP принадлежит 15,9 %, получила 19 новых лицензий (в том числе 16 операторских) в рамках раунда APA 2024. Приоритет лицензирования УВ-активов подтверждает, что в краткосрочной и среднесрочной перспективе инновационные усилия BP по-прежнему ориентированы на максимизацию отдачи от традиционного ресурсного потенциала.

Сводная карта инновационных проектов и финансовая модель

Инвестиционные решения 2024 года демонстрируют принцип селективности и интеграции: все крупные проекты в низкоуглеродном сегменте либо встроены в существующую инфраструктуру, либо имеют гарантированный рыночный спрос (Таблица 2)

Таблица 2

Фокусированный инвестиционный портфель BP в низкоуглеродном сегменте (2024 г.)

Сегмент	Ключевой проект	Статус (2024)	Стратегическая роль
Водород	Lingen Green Hydrogen (100 МВт)	FID	Декарбонизация собственного НПЗ в Германии
CCUS	Northern Endurance Partnership и Net Zero Teesside Power	Финансовое закрытие	Создание промышленного CCUS-хаба в Великобритании
CCS / Газ	Tangguh UCC	FID	Рост газодобычи (3 трлн куб. футов) с применением CCUS в Индонезии
Биоэнергетика	BP Bioenergy (Бразилия)	Полное владение	Производство этанола / биоэнергии (50 000 баррелей в день)
Биогаз	Archaea Energy	Запущено 9 новых заводов	Использование отходов для производства топлива в США
EV Charging	BP PULSE (гигахабы)	Партнёрства, рост сети	Реализован первый ТВт·ч энергии EV в 2024 г.

Источник: составлено по данным BP [1-5].

Финансовая модель инноваций BP на горизонте 2024–2027 гг. опирается на два принципа: цифровую монетизацию углеводородных активов (использование ИИ для роста добычи и снижения простоев в основном бизнесе) и развёртывание низкоуглеродного сегмента (отказ от широкомасштабных инвестиций в пользу селективных интегрированных проектов). Перераспределение капитала зафиксировано в таблице 4.

Таблица 3

Финансовые индикаторы инновационной стратегии BP (2024–2027 гг.)

Параметр	2024 (факт / прогноз)	Цель 2025–2027 (среднегодовая)	Значение для инноваций
Общий CAPEX	14–16 млрд USD	13–15 млрд USD	Усиление финансовой дисциплины
Инвестиции в УВ	8,5 млрд USD	10 млрд USD	Рост основного бизнеса; финансирование цифровых инноваций
Инвестиции в Low Carbon	> 7,0 млрд USD	1,5–2,0 млрд USD	Селективное внедрение
Годовые расходы на НИОКР	301 млн USD	Без существенных изменений	Стратегия аутсорсинга технологий (Fast Follower)
Сокращение интенсивности продаж (Scope 3)	6 % (от 2019)	8–10 % (цель 2030)	Снижение амбиций; приоритет УВ-продаж
Рост УВ-добычи (цифровой)	4 % (2022–2024)	Рост до 2,3–2,5 mmboed к 2030 г.	Непосредственная монетизация цифровой ИС

Источник: составлено на основе данных BP [1-5].

Технологическая составляющая стратегии BP

Технологическая стратегия BP в области низкоуглеродной энергетики характеризуется акцентом на интеграцию, снижение риска через кластеризацию и доведение проектов до коммерческой готовности (технологии с высоким уровнем технологической готовности, Technology Readiness Levels, TRL 7–9), а не на фундаментальные исследования. В 2023–2025 гг. компания заявила о переходе к «дисциплинированным инвестициям» — смещению фокуса с агрессивного наращивания мощностей на обеспечение высокорентабельных интегрированных решений с целевой внутренней нормой доходности (IRR) свыше 15 % в низкоуглеродном сегменте.

Водород и улавливание CO_2: проект H_2Teesside — одна из крупнейших установок по производству низкоуглеродного водорода в Великобритании. В феврале 2024 года BP выбрала технологию улавливания углерода OASE white от BASF, обеспечивающую коэффициент улавливания CO_2 до 99,99 %.

Проект нацелен на производство 1,2 ГВт водорода — это более 10 % от целевого показателя правительства Великобритании по водороду к 2030 году — и предполагает замещение существующего потребления природного газа промышленными эмитентами проекта (преимущественно нефтехимией и металлургией).

NZT Power — ключевой элемент стратегии CCS BP в рамках кластера East Coast Cluster. Цель проекта — создание одной из первых в мире коммерческих газовых электростанций комбинированного цикла (CCGT), полностью интегрированной с технологией улавливания и хранения углерода. Достижение FID для NZT Power подтверждает эффективность стратегии снижения рисков через кластеризацию. Инфраструктура Northern Endurance Partnership, разработанная для транспортировки и хранения CO_2 от нескольких промышленных эмитентов, распределяет капитальные и регуляторные риски, делая отдельные CCGT/H_2-проекты финансово реализуемыми. С точки зрения теории инноваций это пример «инфраструктурной инновации»: само по себе улавливание CO_2 — зрелая технология (TRL 8–9), но коммерческая модель кластеризации с государственным гарантированием тарифов и общим хранилищем CO_2 является качественно новой для отрасли.

Биогаз и модульный дизайн Archaea. Покупка Archaea Energy в конце 2022 года превратила BP в крупнейшего производителя возобновляемого природного газа в США — глобальные объёмы поставок биогаза тогда выросли сразу на 80% год к году. Сама Archaea специализируется на переработке свалочного и фермерского газа (в основном это CH_4 и CO_2) в низкоуглеродный биогаз [14]. Благодаря Archaea Modular Design

(AMD) производство биогаза двигается по S-образной кривой роста, характерной для производственных технологий, AMD сокращает срок строительства типового объекта с 18–24 до 6–9 месяцев, а удельные капзатраты падают на 25–30%.

Уровень готовности технологии — TRL 9, то есть полностью зрелая и коммерчески доказанная. Стратегический смысл сделки, впрочем, не ограничивается биогазом: модульный подход AMD BP рассматривает как референс для развёртывания и других распределённых низкоуглеродных активов — компактных CCS-систем, водородных установок и так далее.

Оффшорная ветровая энергетика. В оффшорном ветре BP действует через совместные предприятия. На конец IV квартала 2024 года чистый портфель проектов компании в этом сегменте составлял 9,7 ГВт. В декабре 2024 года было создано СП с японской JERA — JERA Nex BP [17] с общим потенциалом нетто-генерации — 13 ГВт, что выглядит как осознанная стратегия диверсификация географических и финансовых рисков.

Цифровизация: двойное применение. С 2022 по 2024 год цифровые инструменты обеспечили 4% роста добычи углеводородов и позволили избежать около 10% незапланированных остановок. В BP подсчитали, что эффект от цифровизации сопоставим с вводом нового среднего по размеру месторождения — только без капитальных затрат.

В низкоуглеродном сегменте цифра играет не меньшую роль. Lightsource BP, дочерняя компания, использует AIoT-платформу Envision Digital для оптимизации работы солнечных активов общим потенциалом 11,8 ГВт; к 2025 году цель — выйти на 25 ГВт развёрнутых мощностей. А в электромобильности BP pulse применяет собственное ПО Omega и подключается к системам управления энергией на базе ИИ для оптимизации зарядки автопарков [16]. Цифровизация в стратегии BP — не отдельный технологический блок, а скорее сквозной энейблер, который работает на все бизнес-направления сразу.

Сводная оценка технологического портфеля по уровню технологий с высоким уровнем технологической готовности (TRL)

Если разложить технологический портфель BP по уровням TRL, подтверждается образ «адаптивного оптимизатора». Ни один из ключевых проектов не расположен в ранних стадиях TRL 1–6, всё сосредоточено в зоне TRL 7–9 — на этапе демонстрационной и коммерческой готовности. BP сознательно обходит стороной технологические риски ранних стадий и делает ставку на масштабирование и коммерциализацию того, что уже доказало свою работоспособность.

Таблица 4

Крупномасштабные технологические проекты BP в низкоуглеродном сегменте (2024–2025 гг.)

Технологический вектор	Ключевой проект	Статус (2024–2025)	TRL	Стратегическая значимость
Голубой водород	H_2Teesside (UK)	Выбор технологии BASF OASE white, движение к FID	7–8	Демонстрация ультранизких выбросов на промышленном масштабе
Улавливание CO_2	NZT Power (UK)	Финансовое закрытие, начало строительства в 2025 г.	8–9	Первое в мире коммерческое CCS-CCGT, доказательство модели кластеризации
Биотопливо / биогаз	Archaea Energy	Коммерческий запуск установок ВПГ	9	Процессная инновация: модульный дизайн AMD для стандартизированного масштабирования
Оффшорный ветер	JERA Nex bp (JV)	Формирование глобального портфеля (потенциал 13 ГВт)	9	Управление капитальным риском через JV; интеграция в сеть
Цифровизация	O&G Operations (Palantir, ИИ)	Рост добычи на 4 %, снижение простоев на 10 % (2022–2024)	9	Горизонтальный энейблер финансовой устойчивости основного бизнеса

Источник: составлено авторами.

Эффективность инновационных расходов

BP оперирует одновременно на трёх принципиально разных участках S-кривой Фостера, что характерно для интегрированных энергетических компаний переходного периода [6].

Стадия зрелости (плато). Традиционные технологии добычи нефти и газа находятся в фазе насыщения. Дальнейшие инвестиции в фундаментальные методы добычи приносят все меньшую отдачу, поскольку основные геологические бассейны изучены, а удельные затраты растут. Стратегия BP здесь сфокусирована на поддерживающей инновации: цифровизация максимизирует эффективность, надёжность и продлевает срок службы существующих активов. В зрелом сегменте BP делает ставку не на продуктовые инновации, а на инновации процесса и операционной модели.

Стадия перехода. Здесь расположены крупномасштабные проекты CCS и водородные кластеры — NZT Power, H_2Teesside. Для фазы характерны высокие стартовые CAPEX и серьёзная зависимость от интеграции сложной инфраструктуры и регуляторной поддержки. Движение по кривой вверх упирается не в саму технологию, а в скорость создания коллективной инфраструктуры и темп политического одобрения. FID по NZT Power уже достигнут, и это подтверждает действенность стратегии снижения рисков через кластеризацию. Успех BP в этом сегменте определяется не технологическим лидерством, а умением координировать многосторонние партнёрства и выстраивать диалог с государственными регуляторами.

Стадия ускоренного роста. На данном участке кривой размещены солнечная энергетика (Lightsource BP) и биогаз (Archaea Energy) — оба сегмента подчиняются логике «кривой обучения». Стратегия BP здесь — агрессивное масштабирование через стандартизацию: тот самый модульный дизайн AMD в производстве биогаза плюс заявленная цель Lightsource BP выйти на 25 ГВт мощностей уже к 2025 году. Именно в этих сегментах — за счёт модульности и цифровизации — BP демонстрирует наибольший потенциал для экономического масштабирования.

Если изучить распределение портфеля BP по стадиям S-кривой, всплывает фундаментальное противоречие стратегии компании. Основная прибыль по-прежнему генерируется на плато — это зрелые углеводородные активы. А вот долгосрочная конкурентоспособность зависит от способности компания удержать позиции на стадии ускоренного роста, то есть в солнечной энергетике и биогазе. Сокращение низкоуглеродных вложений в 2025 году означает ограничение развития самого перспективного сегмента, что может привести к стратегическому отставанию от конкурентов на горизонте 2030–2035 годов.

Эффективность расходов и отдача от технологических инвестиций

Эффективность инновационных расходов BP не может быть оценена по традиционным метрикам ROI. Для BP эффективность измеряется способностью финансировать переход, обеспечивать конкурентную доходность и поддерживать операционную устойчивость. Сводная оценка эффективности цифровых внедрений представлена в таблице 5.

Таблица 5

Отдача от инвестиций в цифровые технологии по сегментам бизнеса

Сегмент бизнеса	Цифровая технология	Результат / ROI	Период	Эффект
Традиционная добыча	AI / Advanced Analytics, Palantir	+4 % к объемам добычи; снижение простоев на 10 %	2022–2024	Кэш-флоу для финансирования перехода
Производство биогаза	Archaea Modular Design (AMD)	Ускорение и стандартизация строительства	2023–2025	Ускоренное движение по S-кривой
Электромобильность (BP PULSE)	ПО Omega + интеграция Athena (Stem)	−48 % энергозатрат для клиента	H1 2024	Конкурентоспособность EV-услуг и удержание клиентов
Солнечная энергетика (Lightsource BP)	AIoT, Envision Digital	Оптимизация выработки и эксплуатации активов	2022–2024	Поддержание эффективности при массовом масштабировании

Источник: составлено авторами.

К первому полугодию 2025 года компания достигла 0,9 млрд долл. структурных сокращений затрат, что доводит общий объём сокращений с 2023 года до 1,7 млрд долл.; в низкоуглеродном сегменте запланированы дополнительные ежегодные сокращения свыше 0,5 млрд долл. к 2027 году.

Стратегия BP по сокращению CAPEX в низкоуглеродном сегменте на 5 млрд долл. контрастирует с гипотезой, согласно которой доминирование на S-кривых требует экспоненциальных инвестиций и принятия убытков на ранних стадиях. На фоне Shell и TotalEnergies, продолжающих инвестировать агрессивно (CAPEX в чистые энергии у TotalEnergies — около 5 млрд долл. в год, у Shell — 3–4 млрд долл.), BP сознательно принимает решения по умеренным темпам развёртывания, ставя во главу угла финансовую безопасность и способность обеспечивать конкурентные дивиденды. Компания использует традиционный бизнес как финансовую опору, отказываясь от форсированных революционных изменений ценой финансового риска.

Заключение

Анализ инновационно-технологической стратегии BP в 2023–2025 гг. позволяет сформулировать ряд выводов. Во-первых, по итогам стратегического «перезапуска» BP перешла из категории «радикального трансформатора» (2020–2022 гг.) в категорию «адаптивного оптимизатора» с элементами интеграционного лидерства. Во-вторых, инновационная активность компании полностью подчинена приоритету финансовой устойчивости: при минимальных среди европейских мейджоров расходах на НИОКР (301 млн долл., 0,51 % выручки) BP сохраняет амбициозный технологический портфель за счёт венчурного капитала, M&A и стратегических партнёрств. В-третьих, технологическая стратегия BP в 2023–2025 гг. не является стратегией прорыва в классическом смысле — это стратегия технологической адаптации и интеграционного превосходства, опирающаяся на масштабирование решений с TRL 7–9. В-четвёртых, распределение портфеля по стадиям S-кривой Фостера показывает, что BP оперирует одновременно в трёх режимах (плато — переход — ускоренный рост), но финансовая основа стратегии локализована в зрелом УВ-сегменте.

Основной стратегический риск состоит в том, что минимальные внутренние НИОКР и сокращённые низкоуглеродные вложения могут привести к технологическому отставанию от более агрессивных европейских конкурентов, инвестирующих в 3–4 раза больше средств во внутренние разработки. Этот риск становится критическим в случае ускорения технологических прорывов в ключевых сегментах энергоперехода — хранении энергии, производстве водорода, прямом улавливании CO_2 из атмосферы.

Литература

1. BP. Annual Report and Form 20-F 2024. — London: BP p.l.c., 2025. — 412 p.
2. BP. Strategy Update — Reset and Renew. — London: BP p.l.c., February 2025.
3. BP. Energy Outlook 2024 Edition. — London: BP p.l.c., 2024. — 86 p.
4. BP. Sustainability Report 2024. — London: BP p.l.c., 2025.
5. BP Ventures. Annual Review 2023. — London: BP Ventures, 2024.
6. Foster R. N. Innovation: The Attacker's Advantage. — N.Y.: Summit Books, 1986. — 316 p.
7. Christensen C. M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. — Boston: Harvard Business School Press, 1997.
8. International Energy Agency. World Energy Investment 2024. — Paris: IEA, 2024.
9. International Energy Agency. World Energy Outlook 2024. — Paris: IEA, 2024.
10. Mankins J. C. Technology Readiness Levels: A White Paper // NASA Office of Space Access and Technology, 1995.
11. Perrons R. K. The Energy Transition and the Strategic Reorientation of International Oil Companies // Energy Research & Social Science. — 2024. — Vol. 110.
12. Shell plc. Annual Report and Accounts 2024. — The Hague: Shell, 2025.
13. TotalEnergies SE. Universal Registration Document 2024. — Paris la Défense: TotalEnergies, 2025.
14. Archaea Energy. Modular Design Overview // BP Press Release, 2024.
15. Lightsource BP. Operations Report 2024. — London: Lightsource bp, 2024.
16. Smartlab.ru: статистическая база финансовых показателей публичных компаний (2010–2024 гг.).
17. BP press release. JERA Nex BP Joint Venture Announcement, December 2024.
18. BP press release. H2Teesside Selects BASF OASE white Technology, February 2024.

British Petroleum's (BP) Innovation and Technology Strategy in the Fourth Energy Transition

Popadko N.V., Mirkholenko D.D.

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The fourth energy transition represents a qualitatively new phase of the global transformation of the energy system. The peculiarity of the fourth energy transition lies in its structural and systemic nature: it simultaneously covers electricity generation, transport, industrial and domestic heat generation, requires the integration of several technological platforms - alternative energy, battery storage, hydrogen economy, carbon capture and storage systems (CCUS), as well as digital solutions based on artificial intelligence (AI) for management of distributed power systems. For large integrated oil and gas companies, this means the need to simultaneously manage three horizons: the exploitation of mature hydrocarbon assets, a transitional portfolio of low-carbon solutions, and exploratory investments in breakthrough technologies.

The strategy of British Petroleum (BP) is an illustrative adaptation of a traditional oil and gas company to the simultaneous pressure of investors, regulators and a rapidly changing technology market. The changes in BP's corporate strategy (February 2025), which effectively meant a revision of the ambitious 2020 development program and a return to a more conservative growth model, caused mixed reactions from stakeholders, with opinions ranging from "a departure from the energy transition" to "an example of strategy rationalization" in the face of technological and regulatory uncertainty.

Keywords*:* innovation and technology strategy, British Petroleum (BP), innovation profile, Technology Readiness Levels (TRL), R&D, investment solutions, key segments of energy transition.

References

1. BP. Annual Report and Form 20-F 2024. — London: BP p.l.c., 2025. — 412 p.
2. BP. Strategy Update — Reset and Renew. — London: BP p.l.c., February 2025.
3. BP. Energy Outlook 2024 Edition. — London: BP p.l.c., 2024. — 86 p.
4. BP. Sustainability Report 2024. — London: BP p.l.c., 2025.
5. BP Ventures. Annual Review 2023. — London: BP Ventures, 2024.
6. Foster R. N. Innovation: The Attacker's Advantage. — N.Y.: Summit Books, 1986. — 316 p.
7. Christensen C. M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. — Boston: Harvard Business School Press, 1997.
8. International Energy Agency. World Energy Investment 2024. — Paris: IEA, 2024.
9. International Energy Agency. World Energy Outlook 2024. — Paris: IEA, 2024.
10. Mankins J. C. Technology Readiness Levels: A White Paper // NASA Office of Space Access and Technology, 1995.
11. Perrons R. K. The Energy Transition and the Strategic Reorientation of International Oil Companies // Energy Research & Social Science. — 2024. — Vol. 110.
12. Shell plc. Annual Report and Accounts 2024. — The Hague: Shell, 2025.
13. TotalEnergies SE. Universal Registration Document 2024. — Paris la Défense: TotalEnergies, 2025.
14. Archaea Energy. Modular Design Overview // BP Press Release, 2024.
15. Lightsource BP. Operations Report 2024. — London: Lightsource bp, 2024.
16. Smartlab.ru: (2010–2024 гг.).
17. BP press release. JERA Nex BP Joint Venture Announcement, December 2024.
18. BP press release. H2Teesside Selects BASF OASE white Technology, February 2024.

Страны Северной Африки как новые игроки в рамках трансформации мировой энергетики

Федорова Виктория Андреевна
к.э.н., доцент кафедры стратегического управления топливно-энергетическим комплексом, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, fedorova.v@gubkin.ru,

Головко Екатерина Евгеньевна
бакалавр, факультет международного энергетического бизнеса, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, golovkoe.e@mail.ru,

Денщикова Мария Владиславовна
бакалавр, факультет международного энергетического бизнеса, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, denshikova2704@gmail.com

Северная Африка развивается стремительно и играет все более важную роль в условиях трансформации глобальной энергетики. Регион успешно географически расположен как для активной торговли традиционными видами топлив, так и для внедрения возобновляемых источников энергии, в особенности солнечного и ветрового направления. Поступающие инвестиции и внедрение технологических новшеств с помощью зарубежных крупных корпораций, способствуют постепенному отказу от углеводородной зависимости и переходу к зелёной экономике. Однако стоит помнить, что обеспечение внутренних рынков и укрепление энергетической безопасности – важнейшая цель для каждой страны региона, что не должно входить в противоречие с их перспективами становления как новых крупных игроков на глобальных энергетических рынках.

В рамках нашего научного исследования под регионом Северная Африка будут пониматься следующие страны: Марокко, Алжир, Египет, Тунис, Ливия и Судан.

Ключевые слова: углеводороды, государства Северной Африки, возобновляемые источники энергии, ВИЭ, энергетическая парадигма, трансформация, энергетическая безопасность.

Страны Северной Африки традиционно воспринимаются как поставщики углеводородов в Европу. Алжир – стабильный поставщик нефти и первая страна мира, где был построен завод по сжижению природного газа для поставок на европейские рынки. Ливия и Египет также поставляют нефть и газ в европейский регион, однако с переменным успехом: Ливия из-за внутренней нестабильности, а Египет из-за взрывного роста внутреннего спроса на энергию. Традиционно углеводороды являются неотъемлемой составляющей для обеспечения энергетической безопасности стран в современных постоянно растущих демографических и экономических реалиях. Ускоренное развитие технологического фактора, международная турбулентность и неопределенность рождают спрос на новых игроков в нефтегазовой промышленности, чтобы удовлетворить растущие потребности стран и нивелировать угрозу срыва поставок и дальнейших чрезвычайных ситуаций.

В настоящее время регион становится эпицентром тектонических сдвигов в ТЭК: взрывной рост внутреннего спроса на электроэнергию сочетается с колоссальным потенциалом возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Отсюда вытекает важный вопрос: смогут ли страны региона превратить свои географические преимущества в реальный фактор глобального энергетического влияния? Марокко, Алжир, Египет, Тунис, Ливия и Судан – государства, которые в перспективе могут оказать серьёзное влияние как на глобальное предложение углеводородов, так и трансграничные поставки электроэнергии на базе ВИЭ, обеспечивая при этом внутренние рынки путем ввода новых традиционных и зеленых энергетических проектов.

В ходе анализа углеводородного сектора региона (Таблица 1) отмечается существенный разрыв между странами в области доказанных запасов традиционной ресурсной базы. Из шести анализируемых государств стоит выделить только три страны: Алжир, Египет, Ливию, которые способны обеспечить растущий внутренний спрос, параллельно осуществляя поставки преимущественно в страны Европы и Африки, при максимально оптимистичных условиях.

Таблица 1
Доказанные запасы углеводородов в странах Северной Африки на 2020 год, в млрд баррелей, трлн м^3 и млн тонн

Страна	Доказанные запасы сырой нефти, в млрд баррелей	Доказанные запасы природного газа, в трлн куб.м	Доказанные запасы угля, в млн тонн
Марокко	0,0007	0,0014	**105,8**
Алжир	**12,2**	**2,3**	**246**
Тунис	0,4	0,065	0
Египет	**3,1**	**2,1**	**201**
Ливия	**48,4**	**1,4**	0
Судан	1,5	0,084	0

Источник: составлено авторами

Только три страны обладают крупными доказанными запасами нефти в регионе: Ливия – 48,4 млрд баррелей; Алжир – 12,2 млрд баррелей; Египет – 3,1 млрд баррелей. Статистика по запасам газа имеет обратный тренд: Алжир – 2,3 трлн м^3; Египет – 2,1 трлн м^3; Ливия – 1,4 трлн м^3 [9]. Углеводороды приносят в бюджет стран от +50% доходов. Такому успешному развитию способствуют технологии иностранных компаний и инвестиции, с помощью которых они спроектировали и построили необходимую инфраструктуру, позволяющую наращивать добычу, несмотря на трудности.

Алжир – традиционный поставщик природного газа на европейский рынок, занимает второе место по объёмам поставок в этот регион в 2025 году. Государство активно сотрудничает с компаниями, базирующимися в Катаре, Саудовской Аравии, Италии и Соединенных Штатах в области геологоразведки и разработки месторождений. В нефтяном секторе фиксируется существенное отставание по запасам в сравнении с Ливией, но Алжир не концентрируется на этом виде топлива, экспортируя весь свободный объём добычи европейским контрагентам.

Ливия имеет значительный потенциал в нефтяном направлении, лидируя по доказанным запасам, но политическая нестабильность и экономическая неустойчивость создают высокие риски для нормальной работы отрасли и ее устойчивого развития на долгосрочной перспективе. В 2025 году был объявлен тендер на геологоразведку и разработку месторождений в Ливии, что, тем самым, обозначило открытость и готовность к международному энергетическому сотрудничеству.

На территории Египта расположены залежи нефти и газа, которых из-за бурного роста внутреннего спроса стало кардинально не хватать для собственного обеспечения. Страна продолжила экспортировать газ в

ущерб внутренним рынкам, что вынудило ее стать нетто-импортером газа в 2024 году. Однако в 2025 году страна объявила, что иностранные корпорации Shell, Chevron, Eni и ПАО «ЛУКОЙЛ» будут участвовать в мероприятиях по разведке и разработке нефтегазовых месторождений. В связи с озвученными рисками в области нехватки традиционных источников страна направила вектор развития на диверсификацию экономики путем создания инфраструктуры ВИЭ и формирования атомной промышленности.

Угольный сектор региона стоит рассматривать в общем из-за нулевых объемов производства, так как толщина угольных пластов варьируется от 0,2 м до 1,87 м, делая добычу экономически невыгодной. Единственным примером в рамках производства ископаемого ресурса является Марокко, которое в силу отсутствия нефти и газа поддерживало внутренний спрос углем. В настоящее время добыча угля не ведется в силу развития возобновляемой и альтернативной энергетики.

Стоит отметить, что три вышеперечисленные страны с представленной ископаемой базой могут быть потенциально крупными поставщиками углеводородов на другие рынки, особенно Алжир. Турбулентное положение на Ближнем Востоке с дестабилизацией мощностей нефтегазовой инфраструктуры и последующим закрытием Ормузского пролива может привести к недостатку углеводородов на рынке и нарушению международного судоходства, перекрыв около 30% мировых морских поставок нефти и газа. Географическое расположение Алжира с выходом в Средиземное море и дальнейшая логистика через Гибралтарский пролив или южное направление Суэцкого канала позволяет стране не зависеть от иранского/американского решения относительно пролива и пользоваться активным спросом со стороны не только европейского, но и азиатского рынка.

Нефть и газ являются базой энергетической стабильности для государств Северной Африки, с помощью данных ресурсов формируется основа для дальнейшего роста, что предоставляет странам возможность переориентироваться на постепенное развитие возобновляемых источников энергии. Рассмотрим самые перспективные нефтегазовые проекты в каждой стране (Таблица 2).

Таблица 2
Нефтегазовые проекты в странах Северной Африки

Страны	Нефть	Газ
Тунис	~ С 2025 по 2030 год планируется пробурить 9 новых скважин на месторождении El Borma; ~ НПЗ с мощностью переработки в 1,8 млн тонн в год.	Существующий проект Магриб-Европа (Транссредиземноморский газопровод: Алжир – Тунис – Италия), который не работает по политическим разногласиям.
Алжир	~ Разработка месторождений Ourhoud и Hassi Berkin в бассейне Berkin North с объемом на 10.000 бнэ/сут; ~ В 2025 году саудовская компания Midad Energy подписала контракт на разведку и разработку бассейна Illizi. Также компании TotalEnergies, Chevron, Eni и QatarEnergy получили лицензии на разведку месторождений.	~ Транссахарский газопровод (Нигерия – Нигер – Алжир), возобновление проекта в 2027 году; ~ Проект El Assel, в рамках которого открыты газонефтяные и газоконденсатные месторождения, добыча начнется с 2026 года.
Марокко	Отсутствует любое упоминание о возможных проектах.	Строительство газопровода Нигерия-Марокко. Тендеры на реализацию должны были начаться в конце 2025 года.
Ливия	~ Нефтяной гигант страны месторождение Esh-Sharara объёмом более 3 млрд баррелей; ~ В феврале 2026 года Chevron получила лицензию на разведку участка S4 в бассейне Sirte.	В феврале 2026 проводились тендеры на геологоразведку наземных и морских участков, право на работу получили Eni, QatarEnergy и Repsol.

Источник: составлено авторами

Стоит отметить, что богатые запасами углеводородов государства слабо внедряют возобновляемые источники по сравнению со странами, не обладающими соответствующими запасами. Однако Египет можно назвать исключением. Последние несколько лет он является нетто-импортером газа, обеспечивая им внутреннее потребление, которое растет более быстрыми темпами, чем добыча голубого топлива в стране. С помощью нефтегазовых доходов государство вкладывается в развитие ВИЭ, чтобы перестать импортировать газ в значительных количествах.

Марокко, Судан и Тунис имеют малые или ограниченные объемы углеводородов, они импортируют около 95% энергии, что обуславливает полную зависимость от поставок извне. По этой причине страны стараются как можно быстрее переходить на ВИЭ, чтобы обеспечить энергетический суверенитет.

Текущая энергетическая парадигма обусловлена четвертым энергопереходом, где главным трендом является внедрение ВИЭ в мировой энергетический баланс, переход к зеленой и более устойчивой экономике, а также дополнение традиционных источников энергии возобновляемыми решениями. Регион Северной Африки имеет огромный потенциал в области развития ВИЭ (солнце, ветер и биотопливо), а из-за наличия традиционных источников энергии лишь в трех государствах, которые также нуждаются в активном развитии сектора upstream (геологоразведка и добыча), представляется возможным подробнее рассмотреть регион с позиции нового направления – наращивания зеленых энергетических мощностей.

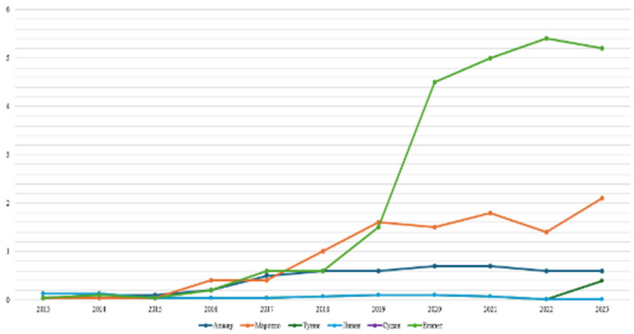


Рисунок 1 – Солнечная электрогенерация в Северной Африке на период 2013-2023 гг., в ТВт/ч
Источник: составлено авторами

Одним из лидеров в направлении солнечной и ветровой энергетики считается Марокко (Рис. 1), страна обладает одним из крупнейших солнечных проектов – комплекс Noor Quarzazate [3]. Его мощности хватает, чтобы обеспечить около миллиона марокканских домов. Также началась реализация гибридной фотоэлектрической электростанции Noor Midelt I, которая использует фотоэлектрическую энергию (PV) и солнечную тепловую энергию (CSP). Египет активно вкладывается в зеленые проекты, к 2030 году планирует довести долю ВИЭ до 42% в энергобалансе. Самым масштабным проектом в области солнца является Abydos 1 мощностью 500 МВт и стоимостью в 500 миллионов долларов. В дополнение разрабатывается гибридный проект, включающий 1 ГВт солнечной энергии и 200 МВт-ч аккумуляторную батарею. Стоит выделить Алжир в качестве исключения, который обладает небольшими объемами генерации – станция El Heneg мощностью в 60 МВт, находится в пустыне Сахара. Также в 2024 году были подписаны 19 контрактов на строительство 20 солнечных проектов мощностью 3 ГВт.

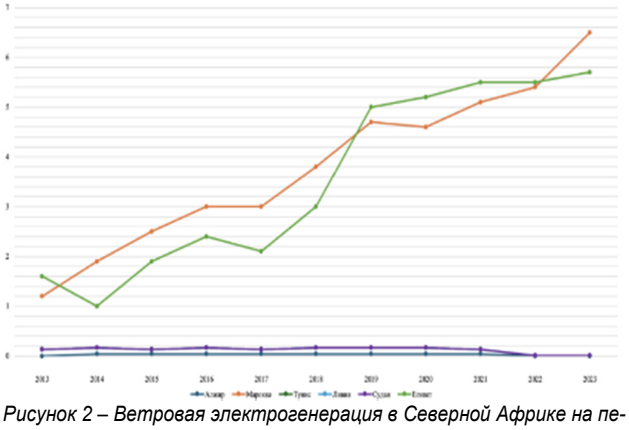


Рисунок 2 – Ветровая электрогенерация в Северной Африке на период 2013-2023 гг, в ТВт/ч
Источник: составлено авторами

Ведущими игроками в области ветряной энергетики остаются Марокко и Египет, которые производят 6,7 и 5,8 ТВт/ч соответственно (Рис. 2). Марокко реализует проект Nassim North мощностью 400 МВт, уже имеющаяся ветряная электростанция Tarfaya включает 131 ветряную турбину. Египет генерирует электроэнергию на самой масштабной эксплуатируемой ветровой станции Red Sea Wind Farm мощностью 500 МВт, а также имеются планы преобразовать ветровую электростанцию Zafarana 545 МВт в гибридную, то есть в ветро-солнечную с мощностью 3,2 ГВт.

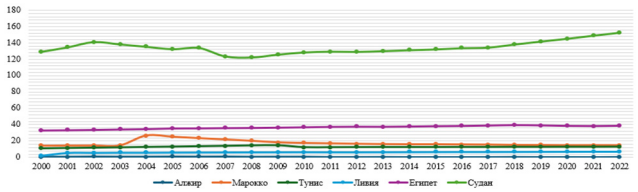


Рисунок 3 – Генерация энергии от сжигания биомассы и биотоплива в Северной Африке за период 2013-2023 гг., в тыс. ГВт/ч
Источник: составлено авторами

На рисунке 3 видно, что Судан является ведущей страной по использованию и производству биотоплива в виде древесного угля и на основе сахарного тростника. Завод по производству биоэтанола производит 65 миллионов литров в год, для его изготовления используются побочные продукты сахарной промышленности, что позволяет снизить зависимость от импорта.

В области альтернативной энергетики – атомная промышленность наиболее стремительно развивается в Египте, проект строится и курируется Росатомом. Первый блок АЭС El Dabaa планируется ввести в эксплуатацию в 2028 году, остальные – к 2030 году, мощность одного блока составляет 1,2 ГВт, всего планируется возвести четыре [1]. Особый интерес к плавучим АЭС проявляет Судан, однако пока строительство не обсуждается из-за нестабильной политической и экономической ситуации в стране, другие же государства не проявляли интерес к данному вопросу.

Особый интерес представляет анализ Северной Африки с позиции формирования будущего водородного хаба, чтобы определить дальнейший статус стран и их экспортные возможности, учитывая, что водород — это новый горизонт развития в области нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Марокко, Египет, Тунис и Алжир уже запустили проекты по производству водорода, не без помощи иностранных коллег. Самым крупным является проект, строящийся в Тунисе совместно с TotalEnergies, он будет основываться на крупных береговых ветряных и солнечных электростанциях, водород будет производится путем электролиза воды. Ожидается, что проект будет введен в эксплуатацию в 2030 году, производственная мощность 200 000 т/год на стартовом этапе, в дальнейшем есть возможность расширить производство до 1 млн т/год. Также проект получит доступ к европейскому рынку с помощью коридора «SouthH2», который соединит Северную Африку с Италией, Австрией и Германией [4].

В начале 2025 года Королевство Марокко объявило о строительстве крупных проектов по созданию водорода, в которые будет вложено около $33 млрд. Одним из проектов является Chbika, который преимущественно финансирует TotalEnergies. Данная инициатива намерена производить зеленый водород путем электролиза опресненной морской воды с помощью солнечных и ветряных электростанций. В дальнейшем следующей целью проекта будет использование зеленого водорода для производства 200 000 т/год зеленого аммиака с последующей транспортировкой в европейские страны.

Алжир демонстрирует рост активности в развитии зеленого водорода и делает его ключевым пунктом формирующейся энергетической стратегии страны. Государство будет стремительно наращивать внутреннее производство, чтобы к 2040 году занять 10% спроса Европы. Главный проект страны коридор «SoutH2» — это сеть трубопроводов протяженностью 3300 км, которая соединит Северную Африку с Европой для ежегодной транспортировки 4 млн тонн водорода. В число инвесторов проекта входят европейские компании Snam, Eni и VNG, а ввод в эксплуатацию нацелен на 2030 год. В 2024 году было подписано соглашение с Германией по строительству пилотного завода по производству зеленого водорода мощностью 50 МВт.

Египет также имеет ряд различных инициатив, направленных на развитие водородного направления. Например, сотрудничая с Францией (EDF Renewables), подтвержден запуск проекта по производству зеленого водорода и аммиака на $7,68 млрд в 2025 году. Саудовская компания ACWA Power заключило соглашение о разработке первой фазы проекта зеленого водорода, в рамках которого планируется производить 600 000 т/г, с объемом инвестиций в $4 млрд. Вторая линия находится в статусе переговорного процесса, имея потенциально обговоренную мощность в 2 млн т/г. Наиболее инновационным открытием является проект водородного небоскреба Forbes International Tower, строительством занимается дочерняя организация саудовской компании Rawabi Holding Magnom Properties. Здание планируется оснастить солнечными панелями для производства четверти потребляемой энергии, остальная часть будет генерироваться с помощью водорода. Для возведения данного проекта будет потрачен $1 млрд., а строительство завершится к 2030 году.

Северная Африка как будущий зеленый водородный хаб имеет значительное количество перспектив. За счет успешного географического расположения для региона характерны высокая концентрация солнца и доступность к водным объектам. Центром будет являться Алжир, имеющий всю цепочку создания стоимости, через который будут организовываться основные внешние поставки. Египет наиболее перспективен с позиции наращивания мощностей, однако, отсутствие инфраструктуры для транспортировки не может в полной мере позволить стране конкурировать с Алжиром.

Однако несмотря на вливаемые инвестиции на сегодняшний день страны Северной Африки сталкиваются с потребностью трансформации своего энергетического сектора под влиянием не только внешних, но и внутренних факторов, что ставит их в сложное положение из-за нехватки ресурсов и практических знаний.

Международные инвестиционные проекты в солнечную и ветровую энергетику, а также развитие индустрии производства водорода позволят странам региона не только сконцентрироваться на экспорте углеводородов, но и стать крупными региональными поставщиками электроэнергии в ближайшие страны.

Учитывая все факторы внутреннего и внешнего воздействия, страны Северной Африки неизбежно столкнутся с увеличением спроса на потребление энергии, им необходимо расширять электрогенерацию, добавляя в энергобаланс ВИЭ, обеспечивая стабильный приток денежных средств, снабжая внутренние потребности региона и открывая новые экспортные возможности [10].

Перспективы для региона в области развития ТЭК действительно значительны, но стоит учесть риски.

1. Финансовый и инфраструктурный аспекты – Европа инвестирует в направление ВИЭ, но оно достаточно капиталоемкое в рамках повышенных капитальных затрат (CAPEX). Для создания, так называемой экосистемы, потребуется не только инфраструктура по производству электроэнергии, но и системы хранения, которые во многих странах отсутствуют или же есть, но в малых количествах, также стоит учесть, что текущая система интерконнекторов начинает устаревать и объемы, возможные для транспортировки электроэнергии как на базе углеводородов, так и ВИЭ в другие страны, крайне малы (Рис. 5).

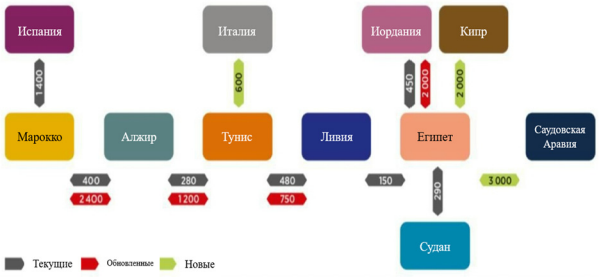


Рисунок 5 – Существующие мощности и будущие проекты интерконнекторов между странами, ГВт/ч
Источник: составлено авторами на основе [7]

2. Социально-политическая проблема – во-первых, стоит выделить понятие «зеленого неоколониализма», которое возвращает перечисленные страны в состояние колоний. Европа уже оказывает серьезное влияние и в инвестиционном сегменте, и в инфраструктурном, и в техническом, а различные западные корпорации продолжают приходить на североафриканские территории под предлогом экологизации как альтернативы углеводородам для региона и его дальнейшего устойчивого развития, однако, их стратегическая задача совсем другая – контроль над природными ресурсами Северной Африки и их использование для удовлетворения собственных экономических интересов. Во-вторых, отчуждение ресурсов – для реализации проектных инициатив выделяют земли, морские объекты или природные ископаемые для международных игроков, а население может остаться без пропитания и воды.

3. Сырьевая зависимость – у всех государств Северной Африки более 85% в энергобалансе занимают нефть, газ и уголь, поэтому полный отказ от традиционных ископаемых в ближайшие несколько лет невозможен. Направление ВИЭ растет большими темпами, однако, для обеспечения энергетической безопасности необходим базис нагрузки в виде ТЭЦ на газе или угле, чтобы при непредвиденных чрезвычайных ситуациях генерация электроэнергии не прекращалась.

На базе сформированного вывода отметим, что почти все страны с растущими показателями будут требовать намного больше ресурсов. По

началу необходим фундамент для полноценного и стремительного развития, а возобновляемые источники энергии не смогут в должной мере перекрыть потребности региона, так как они менее энергоэффективны. Подчеркнем, что не у всех стран есть полное покрытие электроэнергией, например, приведем статистику: Марокко – 100%, Алжир – 100%, Египет – 100% , Тунис – 100% , Ливия – 73,2%, Судан – 66%, однако, при положительном демографическом росте, который отмечен у всех шести стран, мощности ВИЭ не выдержат нагрузки при полном отказе от нефти и газа, спровоцировав аварии и другие чрезвычайные ситуации при и так нестабильном положении в регионе [8].

Развивая тему далее, корректно продолжить про интерконнекторы, базовые мощности и маршруты которых отмечались ранее в работе. Сделанные выводы выше позволяют подтвердить, что электрогенерация на базе ВИЭ и углеводородов будет расти вместе с мощностями за счет притока инвестиций и проектирования новых объектов энергетики к 2040 году, а значит, регион будет инвестиционно привлекательным для базирования крупнейших компаний мира в области энергетики (Рис. 6).

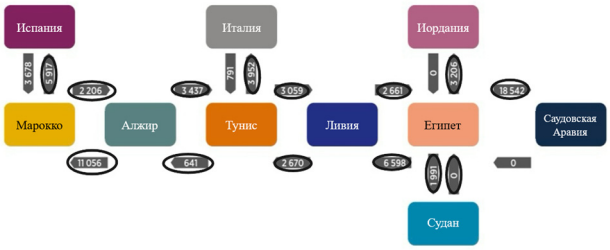


Рисунок 6 – Потенциальный прогноз увеличения мощностей для импорта и экспорта через представленные интерконнекторы между странами на 2040 год, ГВт/ч
Источник: составлено авторами на основе [7]

На рисунке 6 видны увеличенные в несколько раз объемы транспортировки электричества, включая все источники энергии. На данный момент транзакции между некоторыми государствами приостановлены и невозможны ввиду их политических сложностей, однако, при возможном успешном сотрудничестве и прекращении межстрановых трений состояние региона может стабилизироваться во всех аспектах.

Подводя итоги, стоит вернуться к анализу для каждой страны и сделать вывод. Говоря про потенциальное развитие региона, важно уточнить, что рассматривать государства Северной Африки в качестве единого региона не логично из-за кардинально различных ситуаций.

Алжир - глобальный перспективный игрок-экспортёр ископаемого топлива. Страна успешно обеспечивает внутренний спрос преимущественно за счет газа, производство которого превышает потребление, что и стало драйвером развития стратегически важного направления в области СПГ для поставок на внешние рынки. Экономика страны подвергается диверсификации, планируемые зеленые мощности направлены на укрепление сотрудничества и расширение международных поставок, что может сделать Алжир центром водородного направления Северной Африки.

Возможные поставщики электроэнергии из ВИЭ – Марокко, Тунис и Египет как на региональном, так и международном уровнях. Главным приоритетом является стабильная инвестиционная активность для наращивания мощностей в представленных государствах, позволяя им самостоятельно обеспечивать население энергией. В будущем при сформировавшемся рынке и доступности инфраструктурных решений рассматривается возможность поставок во все шесть стран Северной Африки и Европу.

Аутсайдерами являются Ливия и Судан из-за их внутриполитической ситуации, абсолютно не позволяющей в ближайшее время быть полноценными экспортерами.

Впервые за 19 лет Ливия заявила о готовности к международному сотрудничеству, выдав лицензии на разработку месторождений ExxonMobil, Chevron, Eni и QatarEnergy, которые стремятся усилить контроль в регионе и активно экспортировать углеводороды. Однако высокая нестабильность в государстве и отсутствие важной инфраструктуры для обеспечения населения электроэнергией из углеводородов не позволяют в полной мере удовлетворить внутренний спрос. Для начала им необходимо стабилизировать ситуацию, обеспечив собственные потребности, а в будущем сформировать экспортную стратегию [2].

В заключение хочется выделить, что моментальный резкий переход только лишь на мощности ВИЭ в Северной Африке невозможен, стоит грамотно сочетать источники энергии между собой, постепенно снижая процент использования углеводородов со временем, при условии стабильных инвестиций и новейших инфраструктурных решений, тогда трансформация ТЭК стран будет проходить наиболее безопасно и непротиворечиво для внутренней ситуации.

Литература

1. Балачандран Л. Самая большая стройка Северной Африки: что известно о АЭС «Эль-Дабаа» - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://dzen.ru/a/aR4D9Ew7fzR15Zht (Дата обращения: 22.02.2026);
2. Беспалова А. Ливия и США возобновили сотрудничество в области добычи нефти – [Электронный ресурс] Режим доступа: https://afrinz.ru/2025/08/liviya-i-ssha-vozobnovili-sotrudnichestvo-v-oblasti-dobychi-nefti/ (Дата обращения: 22.02.2026);
3. Вакилян М. Марокканский метод: как африканцы привлекают инвестиции в солнечную энергетику – [Электронный ресурс] Режим доступа: https://sectormedia.ru/news/energetika/marokkanskiy-metod-kak-afrikantsy-privlekayut-investitsii-v-solnechnuyu-energetiku/ (Дата обращения: 23.02.2026);
4. Гончаренко А. TotalEnergies планирует реализовать крупный проект по производству зеленого водорода в Тунисе – [Электронный ресурс] Режим доступа: https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/835857-totalenergies-planiruet-realizovat-krupnyy-proekt-po-proizvodstvu-zelenogo-vodoroda-v-tunise/ (Дата обращения: 22.02.2026);
5. Механизм трансграничного углеродного регулирования // HPBS [Электронный ресурс] Режим доступа: https://hpb-s.com/news/mehanizm-transgranichnogo-uglerodnogo-regulirovaniya/ (Дата обращения: 23.02.2026);
6. Эксперт назвал крупнейшего поставщика СПГ в Европу по итогам 2024 года // Прайм [Электронный ресурс] Режим доступа: https://1prime.ru/20250108/ssha-854076917.html (Дата обращения: 23.02.2026);
7. Planning and prospects for renewable power North Africa // IRENA [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jan/IRENA_Planning_Prospects_NAfrica_2023.pdf (Дата обращения: 20.02.2026);
8. Population, total – Libya, Tunisia, Sudan, Algeria, Egypt, Arab Rep., Morocco // World Bank Group [Электронный ресурс] Режим доступа: https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LY-TN-SD-DZ-EG-MA (Дата обращения: 20.02.2026);
9. Statistical Review of World Energy 2024 // Energy Institute [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.energyinst.org/__data/assets/pdf_file/0006/1542714/684_EI_Stat_Review_V16_DIGITAL.pdf (Дата обращения: 21.02.2026);
10. World Energy Outlook 2024 // IEA [Электронный ресурс] Режим доступа: https://iea.blob.core.windows.net/assets/140a0470-5b90-4922-a0e9-838b3ac6918c/WorldEnergyOutlook2024.pdf (Дата обращения: 21.02.2026).

North African countries as new players within the global energy transformation

Fedorova V.A., Golovko E.E., Denshchikova M.V.
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

North Africa is developing rapidly and is playing an increasingly important role in the global energy transformation. The region is strategically positioned for both active trade in traditional fuels and the deployment of renewable energy sources, particularly solar and wind. Incoming investment and the introduction of technological innovations through the support of major foreign corporations are facilitating a gradual transition away from hydrocarbon dependence and toward a green economy. However, it's important to remember that securing domestic markets and strengthening energy security are crucial goals for every country in the region, which should not conflict with their prospects for becoming major new players in global energy markets.

For the purposes of our research, the North African region will encompass the following countries: Morocco, Algeria, Egypt, Tunisia, Libya, and Sudan.

Keywords: hydrocarbons, North African countries, renewable energy sources, RES, energy paradigm, transformation, energy security.

References

1. Balachandran L. The largest construction site in North Africa: what is known about the El-Dabaa NPP - [Electronic resource] Access mode: https://dzen.ru/a/aR4D9Ew7fzR15Zht (Date of request: 02/22/2026);
2. Bespalova A. Libya and the USA resumed cooperation in the field of oil production – [Electronic resource] Access mode: https://afrinz.ru/2025/08/liviya-i-ssha-vozobnovili-sotrudnichestvo-v-oblasti-dobychi-nefti / (Date of access: 02/22/2026);
3. Goncharenko A. TotalEnergies plans to implement a major project for the production of green hydrogen in Tunisia – [Electronic resource] Access mode: https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/835857-totalenergies-planiruet-realizovat-krupnyy-proekt-po-proizvodstvu-zelenogo-vodoroda-v-tunise / (Date of access: 02/22/2026);
4. Vakilian M. The Moroccan method: how Africans attract investments in solar energy – [Electronic resource] Access mode: https://sectormedia.ru/news/energetika/marokkanskiy-metod-kak-afrikantsy-privlekayut-investitsii-v-solnechnuyu-energetiku / (Date of request: 02/23/2026);

Роль Карабахского региона в формировании «зелёной» энергетики Азербайджана

Полаева Гозель Байгельдыевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры стратегического управления топливно-энергетическим комплексом, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, polayeva.g@gubkin.ru,

Гезалов Нихат Ариз оглы
магистрант, факультет международного энергетического бизнеса, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, nihatarizoglu@mail.ru

Карабахский регион занимает особое место в энергетической стратегии Азербайджана, будучи официально признанным первой зоной «зелёной» энергетики страны. Настоящее исследование посвящено анализу потенциала возобновляемых источников энергии на освобождённых от оккупации территориях, рассмотрению реализуемых инфраструктурных проектов, а также оценке роли региона в контексте глобального энергетического перехода. Выявлены ключевые направления развития: малая гидроэнергетика, солнечная и ветровая генерация, геотермальные ресурсы. Установлено, что суммарный технический потенциал ВИЭ в Карабахском и Восточно-Зангезурском экономических районах превышает 9,2 ГВт, что составляет около трети общестранового потенциала. Показано, что реализуемая программа превращения региона в зону «зелёной» энергии органично вписывается в национальную климатическую повестку и обеспечивает устойчивую основу для восстановления освобождённых территорий.
Ключевые слова: зелёная энергетика, возобновляемые источники энергии, Карабах, Азербайджан, энергетический переход, гидроэнергетика, солнечная энергия, ветровая энергия, устойчивое развитие.

Введение

Трансформация мировой энергетики, развернувшаяся на рубеже XX-XXI веков, к сегодняшнему дню приобрела характер необратимого структурного сдвига. Климатические изменения, нарастающий дефицит традиционных углеводородных ресурсов и технологический прогресс в сегменте возобновляемой генерации совместно формируют новую энергетическую реальность, в которой ВИЭ постепенно занимают доминирующее положение [1]. Переход к «зелёной» энергетике перестал быть уделом экономически развитых государств — сегодня он охватывает страны самого разного уровня развития, превращаясь в глобальный приоритет вне зависимости от географии и исходной структуры энергобаланса.

Международная климатическая повестка задаёт жёсткие ориентиры. Парижское соглашение, принятое в 2015 году и ратифицированное подавляющим большинством государств, ставит цель удержания роста глобальной температуры в пределах 1,5-2 °C относительно доиндустриального уровня. Достижение этого показателя требует радикального сокращения выбросов CO_2, что в свою очередь предполагает масштабный отказ от ископаемого топлива в энергетике, промышленности и транспорте. К 2060 году мировая экономика ориентируется на полную декарбонизацию, и хотя реалистичность этих сроков остаётся предметом дискуссий, вектор движения задан однозначно [4]. В этих условиях каждая страна вынуждена выстраивать собственную траекторию перехода, соизмеряя амбиции с имеющимися ресурсами и возможностями.

Азербайджан, на протяжении десятилетий позиционировавшийся в первую очередь как нефтегазодобывающая держава, в последние годы демонстрирует последовательную переориентацию энергетической политики. Страна располагает значительным потенциалом ВИЭ — совокупный экономически доступный потенциал возобновляемых источников оценивается в 27 ГВт, включая солнечную, ветровую и гидроэнергетику [12]. Реализация этого потенциала закреплена на уровне государственных стратегических документов: национальные приоритеты «Азербайджан 2030» предусматривают доведение доли ВИЭ в общем производстве энергии до 24% к 2025 году и до 30% к 2030 году. Тем самым задаётся чёткая количественная рамка, в которой предстоит работать всему энергетическому сектору страны [8].

Международное признание азербайджанского курса на «озеленение» энергетики было закреплено проведением в Баку в 2024 году Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата — COP29. Факт принятия страны в качестве площадки столь престижного форума свидетельствует о высоком уровне доверия мирового сообщества к проводимой политике и взятым климатическим обязательствам [4]. Это обстоятельство придаёт дополнительный импульс практической реализации «зелёных» инициатив: репутационные ставки возрастают, а вместе с ними — и готовность к привлечению иностранных инвестиций.

Особое место в национальной стратегии «зелёного» перехода занимают освобождённые от оккупации территории — Карабахский и Восточно-Зангезурский экономические районы. Многолетняя армянская оккупация нанесла им колоссальный ущерб: разветвлённая энергетическая инфраструктура, создававшаяся ещё в советский период, была в значительной мере разрушена или разграблена [9]. Тем не менее именно это обстоятельство открыло нетривиальную возможность: восстанавливать энергосистему региона не по устаревшим образцам, а сразу в соответствии с требованиями «зелёной» парадигмы. В мае 2025 года освобождённые территории официально получили статус первой зоны «зелёной» энергетики Азербайджана [5] — шаг, закрепивший на институциональном уровне многолетнюю практическую работу.

Карабахский регион привлекает внимание не только как объект восстановления, но и как перспективный источник экспорта «зелёной» электроэнергии. Энергетический узел «Джебраил» мощностью 330 кВ, фундамент которого был заложен ещё в 2022 году в рамках Международного проекта Азербайджан-Турция-Европа, формирует инфраструктурную основу для транспортировки электроэнергии через Нахчыван в Турцию и далее — на европейские рынки [4]. Это превращает «зелёный» Карабах из внутрирегионального проекта в элемент масштабного межконтинентального энергетического коридора, что существенно повышает его стратегическое значение.

Изучение роли Карабахского региона в формировании «зелёной» энергетики Азербайджана представляет интерес сразу в нескольких измерениях. С практической точки зрения — это анализ конкретных проектов, объёмов инвестиций и технологических решений, позволяющий

оценить реальный прогресс и выявить узкие места. С теоретической — это осмысление карабахского опыта как модели постконфликтного «зелёного» восстановления, которая в случае успеха может стать ориентиром для других регионов мира, переживших разрушительные конфликты. Наконец, в контексте международных отношений — это оценка того, как региональный энергетический проект встраивается в глобальные климатические и геополитические процессы.

Целью настоящего исследования является комплексная оценка роли Карабахского региона в формировании «зелёной» энергетики Азербайджана на основе анализа ресурсного потенциала ВИЭ, реализованных и планируемых инфраструктурных проектов, а также институциональных механизмов, обеспечивающих «зелёный» переход.

Методология исследования

Исследование строится на комплексном применении нескольких взаимодополняющих методов. В качестве информационной базы использовались официальные материалы Министерства энергетики Азербайджана, публичные заявления руководителей государственных энергетических компаний, а также аналитические публикации, посвящённые проблематике «зелёной» энергетики и устойчивого развития регионов [8; 10].

Методологическую основу составили системный и сравнительный анализ, позволившие рассмотреть потенциал ВИЭ Карабахского региона в разрезе отдельных источников и оценить степень его освоения на разных временных горизонтах. Применялся также метод контент-анализа нормативных и программных документов — прежде всего «Плана действий по созданию зоны «зелёной энергии» на освобождённых территориях Азербайджана в 2022-2026 годах» и концепции, разработанной Министерством энергетики совместно с японской компанией TEPSCO. Синтез разнородных источников позволил сформировать целостную картину происходящих процессов [12].

Для выявления теоретических оснований исследования привлекались работы, посвящённые общим закономерностям энергетического перехода и «зелёного» финансирования [2], опыту декарбонизации промышленности в Европейском союзе [11], а также формированию терминологической базы современной энергетики [7]. Это позволило рассмотреть карабахский кейс не изолированно, а в контексте мировых тенденций.

Результаты и обсуждение

Понятие «зелёной» энергетики в современной научной литературе трактуется достаточно широко. В узком смысле — это развитие возобновляемых источников энергии: солнечной, ветровой, гидро- и геотермальной генерации. Однако в расширенном понимании «зелёная» энергетика охватывает весь комплекс решений, направленных на сокращение углеродного следа при производстве и потреблении энергии, включая повышение эффективности использования ископаемого топлива, перевод источников на менее углеродоёмкие виды, внедрение энергосберегающих технологий и формирование соответствующей институциональной среды [1]. Принципиально важно, что речь идёт не о точечных мерах, а о системной трансформации всей цепочки: от производства до конечного потребления.

Глобальный контекст энергетического перехода определяется давлением климатической повестки. Международные обязательства в рамках Парижского соглашения ориентируют страны на достижение углеродной нейтральности к середине XXI века. Европейский союз, провозгласивший цель нулевых выбросов к 2050 году, оценивает совокупные расходы на «зелёный» переход в сотни миллиардов долларов ежегодно, а реализация «Закона о промышленности с нулевыми выбросами» в период 2023-2030 годов потребует дополнительно свыше 100 млрд долларов [4]. Опыт государств ЕС, активно переводящих промышленность на «зелёные» рельсы, свидетельствует о том, что успешный переход возможен лишь при наличии долгосрочного политического планирования, зрелых финансовых инструментов и готовности к масштабным структурным изменениям в экономике [11].

Существенным теоретическим аспектом является вопрос финансового обеспечения «зелёного» перехода. «Зелёное» финансирование — совокупность инструментов привлечения капитала в низкоуглеродные проекты — включает «зелёные» облигации, климатические фонды, механизмы государственно-частного партнёрства и международные инвестиционные соглашения [2]. Именно доступность этих инструментов во многом определяет темп и масштаб реализации ВИЭ-проектов. Страны, выстраивающие прозрачную регуляторную среду и демонстрирующие политическую стабильность, получают конкурентные преимущества при привлечении зелёных инвестиций.

Одновременно в академической среде активно формируется терминологический аппарат «зелёной» энергетики. Процесс этот не является сугубо лингвистическим — новая терминология закрепляет понятийные границы между технологиями, секторами и регуляторными механизмами, что необходимо для корректного нормотворчества и международного взаимодействия [7]. Унификация терминологии в сфере ВИЭ становится предпосылкой для стандартизации технических решений и условий финансирования, без которой масштабируемость «зелёных» проектов остаётся ограниченной.

С точки зрения региональной экономики устойчивое развитие территорий, основанное на «зелёных» технологиях, представляет отдельный исследовательский интерес. В рамках данного подхода внедрение ВИЭ рассматривается не только как экологическая мера, но и как инструмент диверсификации местных экономик, создания рабочих мест и повышения энергетической самодостаточности регионов [10]. Это особенно значимо для территорий, подвергшихся длительной депрессии или разрушению, — именно «зелёная» энергетика способна стать якорным сектором их возрождения, обеспечивая надёжную инфраструктурную базу для всех остальных отраслей.

Применительно к постконфликтным территориям теоретическое обоснование «зелёного» восстановления приобретает дополнительное измерение. Традиционная схема восстановления предполагает поэтапность: сначала — базовое энергоснабжение любыми доступными средствами, затем — постепенная модернизация в сторону эффективности и экологичности. Однако такой путь неизбежно консервирует устаревшую инфраструктуру на длительный срок и затрудняет последующий переход. Принципиально иная логика — выстраивание «зелёной» энергосистемы с нуля — требует бóльших начальных инвестиций, однако в долгосрочной перспективе оказывается экономически и экологически предпочтительней, поскольку устраняет необходимость дорогостоящей ретрофитации [8].

Азербайджан избрал именно второй путь применительно к освобождённым территориям Карабаха и Восточного Зангезура. Нормативно-правовая и административная база для этого была сформирована в сжатые сроки: разработан и утверждён специальный план действий, подготовлена концепция развития ВИЭ совместно с японскими экспертами, созданы механизмы государственно-частного партнёрства и рабочая группа по координации и мониторингу применения «зелёных» технологий на освобождённых территориях [12]. Всё это формирует институциональную архитектуру, без которой даже самый богатый ресурсный потенциал остаётся невостребованным.

Теоретически значимым является и вопрос о соотношении различных видов ВИЭ в региональном балансе. Оптимальный микс определяется природно-климатическими условиями, рельефом, гидрологическим режимом рек и инфраструктурными возможностями конкретной территории. Для горных районов Малого Кавказа, где располагается значительная часть Карабахского региона, малая гидроэнергетика обладает очевидными преимуществами: постоянство водотока обеспечивает базовую нагрузку в отличие от солнечной и ветровой генерации, носящей переменный характер [9]. Ветроэнергетика в горных районах с устойчивыми ветрами дополняет гидрогенерацию, тогда как солнечные электростанции наиболее эффективны на равнинных южных территориях с высоким уровнем инсоляции. Подобная диверсификация ресурсной базы повышает надёжность и устойчивость всей энергосистемы, снижая риски, связанные с зависимостью от одного вида генерации.

Прежде чем приступить к оценке текущего состояния «зелёной» энергетики Карабахского региона, необходимо обратиться к отправной точке — исходному состоянию энергетической инфраструктуры на момент освобождения территорий. По данным Министерства энергетики Азербайджана, до оккупации регион располагал развитой, по меркам своего времени, системой энергоснабжения. Она включала 20 подстанций совокупной мощностью 858,6 МВА в 10 районах, три высоковольтные линии электропередачи напряжением 330 кВ, 110 кВ и 35 кВ общей протяжённостью 1 386 км, а также сети 10 кВ и 0,4 кВ длиной свыше 15 000 км в совокупности [9]. Для понимания масштаба разрушений, с которыми пришлось столкнуться восстановительным работам, сводные данные об инфраструктуре, утраченной в период оккупации, представлены в таблице 1.

Таблица 1 наглядно демонстрирует, что ещё до оккупации в регионе была выстроена многоуровневая энергетическая система, охватывавшая все основные классы напряжения и обеспечивавшая как передачу, так и распределение электроэнергии на уровне населённых пунктов. В ходе оккупации эта инфраструктура была в значительной мере уничтожена или разграблена, что поставило задачу практически полного воссоздания энергосистемы. Именно данное обстоятельство открыло возможность строить её заново — не воспроизводя устаревшие решения, а закладывая

принципиально новую архитектуру на основе ВИЭ и цифрового управления [3].

Таблица 1
Энергетическая инфраструктура Карабахского региона до оккупации

Элемент инфраструктуры	Характеристика
Подстанции	20 единиц, суммарная мощность 858,6 МВА
ЛЭП 330 кВ	3 линии, протяжённость 81 км
ЛЭП 110 кВ	протяжённость 690 км
ЛЭП 35 кВ	протяжённость 615 км
ЛЭП 10 кВ	протяжённость 6 197 км
ЛЭП 0,4 кВ	протяжённость 8 865 км
Трансформаторы	2 435 единиц, суммарная мощность 245,7 МВА
Газопроводы	2 000 км
Газораспределительные объекты	34 единицы

Источник: составлено авторами по данным [9]

Ресурсная база для такой архитектуры в регионе исключительно богата. Оценка потенциала различных видов возобновляемых источников, проведённая специалистами Министерства энергетики при поддержке японской компании TEPSCO, позволила сформировать детальную картину возможностей региона. Систематизированные данные по видам ВИЭ, их географической привязке и техническому потенциалу приведены в таблице 2.

Таблица 2
Потенциал возобновляемых источников энергии в Карабахском и Восточно-Зангезурском регионах

Вид ВИЭ	Районы концентрации	Технический потенциал	Природные условия
Солнечная энергия	Губадлинский, Зангиланский, Джебраильский, Ходжавендский, Физулинский	более 7 200 МВт	Инсоляция 1 600-1 700 кВт·ч/кв.м в год
Ветровая энергия	Лачинский, Кяльбаджарский	около 2 000 МВт	Среднегодовая скорость ветра до 10 м/с на высоте 100 м
Малая гидроэнергетика	Горные реки Малого Кавказа	467 МВт (план к 2030 г.)	Годовой сток около 2,56 млрд куб.м
Геотермальная энергия	Кяльбаджарский, Агдеринский, Шушинский	—	Запасы 3 093 куб.м/сутки (Кяльбаджар), 412 куб.м/сутки (Шуша)

Источник: составлено авторами по данным [4; 9; 12]

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать несколько принципиальных наблюдений. Доминирующим по масштабу потенциала видом ВИЭ является солнечная энергетика — свыше 7 200 МВт технического потенциала. Это объясняется тем, что южные районы Карабаха по интенсивности солнечной радиации занимают второе место в стране после Нахчыванской АР: уровень инсоляции в 1 600-1 700 кВт·ч на квадратный метр в год создаёт исключительно благоприятные условия для промышленной солнечной генерации [9]. Ветровая энергетика сосредоточена преимущественно в горных районах — Лачинском и Кяльбаджарском, — где среднегодовая скорость ветра на высоте 100 метров достигает 10 м/с. Это один из наиболее высоких показателей для Азербайджана в целом, что делает данные районы первоочерёдными для размещения ветропарков [12].

Гидроэнергетический потенциал, хотя и уступает солнечному по абсолютным цифрам, обладает важным преимуществом — стабильностью выработки. В горных районах Малого Кавказа реки обеспечивают ежегодное поступление порядка 2,56 млрд кубометров воды, что создаёт устойчивую ресурсную основу для малых деривационных ГЭС и приплотинных гидроузлов, строительство которых не требует значительных инвестиций [9]. Именно этим объясняется то, что малая гидроэнергетика стала первым и наиболее динамично развивающимся сегментом «зелёной» энергетики региона. Геотермальные ресурсы, при всей их относительной скромности по масштабу, ценны малозатратностью освоения и могут органично дополнить основные виды генерации в части теплоснабжения.

Суммарный потенциал всех видов ВИЭ по основным направлениям — солнечному и ветровому — превышает 9,2 ГВт, что составляет около трети общестранового потенциала Азербайджана [12]. Это означает, что именно Карабахский и Восточно-Зангезурский регионы должны сыграть ключевую роль в достижении национальных целевых показателей по доле ВИЭ к 2025 и 2030 годам, без их полноценного вовлечения выполнение этих ориентиров представляется затруднительным.

Переходя к анализу конкретных объектов «зелёной» энергетики, реализованных и находящихся в стадии активного строительства, необходимо отметить, что работа ведётся сразу по нескольким направлениям параллельно. Данные об основных проектах сведены в таблицу 3.

Таблица 3
Объекты «зелёной» энергетики Карабахского региона: статус реализации (2024-2025 гг.)

Объект / проект	Тип генерации	Мощность	Инвестор / партнёр	Статус
38 малых и средних ГЭС	Гидроэнергетика	307 МВт	ОАО «Азерэнержи»	Введены в эксплуатацию
ГЭС «Худаферин»	Гидроэнергетика	100 МВт (АЗ — 50 МВт)	Азербайджан / Иран	Строительство с мая 2024 г.
ГЭС «Гыз галасы»	Гидроэнергетика	40 МВт (АЗ — 20 МВт)	Азербайджан / Иран	Строительство с мая 2024 г.
6 новых МГЭС	Гидроэнергетика	—	ОАО «Азерэнержи»	Планируется
СЭС «Шамс» (Джебраил)	Солнечная	50 МВт	—	Фундамент заложен
СЭС «Уфуг» (Джебраил)	Солнечная	50 МВт	—	Фундамент заложен
СЭС «Шафаг» / Sunrise	Солнечная	240 МВт	BP	Фундамент заложен, ноябрь 2024 г.
СЭС в Джебраиле	Солнечная	—	Nobel Energy	Согласование площадки
СЭС в Физули	Солнечная	—	Китайская компания	Согласование площадки
ВЭС в Лачине и Кяльбаджаре	Ветровая	до 2 000 МВт	—	Измерения потенциала

Источник: составлено авторами по данным [4; 5; 12]

Данные таблицы 3 позволяют охарактеризовать текущий этап как переходный: от первоначального освоения малой гидроэнергетики — к масштабному развёртыванию солнечной и ветровой генерации. На сегодняшний день ядром действующей «зелёной» генерации остаются 38 малых и средних ГЭС суммарной мощностью 307 МВт с КПД от 30% до 60% в зависимости от условий эксплуатации [5]. Их ввод в строй стал возможен в сжатые сроки именно потому, что горные реки региона технически хорошо подходят для небольших деривационных станций и приплотинных гидроузлов, не требующих ни масштабного гидротехнического строительства, ни длительных согласований.

Принципиально иной масштаб имеют гидроузлы «Худаферин» и «Гыз галасы» на реке Араз — совместный азербайджано-иранский проект, строительство которого на азербайджанской стороне стартовало в мае 2024 года и должно завершиться в первой половине 2026 года [12]. Одноимённые гидроэлектростанции суммарной мощностью 140 МВт будут работать на паритетной основе: Азербайджан получит возможность ежегодно производить 358 млн кВт·ч электроэнергии, что позволит сэкономить 80 млн кубометров природного газа. Эти объекты станут важными узловыми элементами Восточного Зангезура как самостоятельной «зелёной» энергетической зоны и будут интегрированы в энергетический хаб «Джебраил».

Солнечная энергетика региона вступает в активную инвестиционную фазу. Закладка фундаментов СЭС «Шамс» и «Уфуг» в Джебраиле, а особенно старт строительства СЭС «Шафаг» мощностью 240 МВт компанией BP в ноябре 2024 года, сигнализируют о переходе от проектирования к практическому освоению солнечного потенциала [12]. Продолжающееся согласование площадок с Nobel Energy и китайскими партнёрами свидетельствует о сохраняющемся инвестиционном интересе со стороны крупных международных игроков, что само по себе является косвенным показателем надёжности регуляторной среды и перспективности проектов.

Параллельно с наращиванием генерирующих мощностей в регионе выстраивается принципиально новая система распределения и потребления электроэнергии. Концепция «умных сетей», разработанная ОАО «Азеришыг» для освобождённых территорий, охватывает сети всех классов напряжения — от 110 кВ до 0,4 кВ — и базируется на принципах цифрового управления, минимизации технических потерь и интеграции с распределённой «зелёной» генерацией [3].

Ключевые элементы системы повышения энергоэффективности в регионе представлены в таблице 4.

Таблица 4 демонстрирует, что энергоэффективность в Карабахском регионе выстраивается как многоуровневая система, охватывающая транспорт, жилищный сектор, городскую инфраструктуру и распределительные сети одновременно. Мониторинг, проведённый в городах Физули и Агдам, в сёлах Довлетярлы, Сарыджалы, Кенгерли, Хыдырлы,

Махрузлу и Зиланлы, подтвердил практическую эффективность применяемых решений: в этих населённых пунктах электроснабжение из единой системы ОАО «Азерэнержи» успешно комбинируется с фотовольтаическими панелями и тепловыми коллекторами непосредственно на уровне домохозяйств [12]. Применение современных изоляционных материалов и экономичных решений в теплоснабжении жилых комплексов доказало свою состоятельность уже на первых объектах, что создаёт основу для тиражирования этих стандартов во всём регионе.

Таблица 4

Меры по повышению энергоэффективности в Карабахском регионе

Направление	Конкретные решения	Районы / объекты
Умные сети	Цифровое управление сетями 110/35/0,4 кВ, кабели СИП 35 кВ с оптоволокном	Все освобождённые территории
Транспорт	Электрические автобусы, зарядные станции для электромобилей (20 пунктов)	Шуша, Карабахский регион
Освещение	Светодиодное оборудование LED на солнечной энергии	Физули, Агдам, Губадлинский р-н
Жилой сектор	Солнечные панели на кровлях, тепловые коллекторы, современные изоляционные материалы	Физули, Агдам, Довлетярлы, Сарыджалы и др.
Теплоснабжение	Солнечные водяные коллекторы, тепловые насосы для отопления и ГВС	Жилые комплексы восстанавливаемых городов
Городская инфраструктура	Умные парковки, энергоориентированное управление отходами	Физули, Агдам
Небольшая генерация	Установка Smartflower мощностью 2,5 кВт (6 500 кВт·ч/год), зарядка электротранспорта	Ходжалы

Источник: составлено авторами по данным [3; 4; 12]

Принципиально важен и масштаб планируемых изменений в структуре транспорта. Шуша должна стать первым городом Карабаха с электрическими автобусами на регулярных маршрутах, а создание сети из 20 зарядных станций для электромобилей к концу периода реализации плана сформирует необходимую инфраструктуру для массового перехода на электротягу [4]. Это особенно значимо с точки зрения снижения выбросов CO_2 в атмосферу — именно транспорт остаётся одним из главных источников углеродных выбросов в городской среде.

Инновационная сетевая модель ОАО «Азеришыг», успешно представленная на выставке INTERGEO-2021 в Ганновере и вызвавшая интерес со стороны многих стран [3], предусматривает интеграцию силовых кабелей со встроенным оптоволокном — это позволяет одновременно решать задачи электроснабжения и телекоммуникации, существенно сокращая объём строительных работ и охраняемые территории. Переход на электронно-цифровое управление устраняет человеческий фактор в критически важных операционных процессах и обеспечивает возможность прогностического управления нагрузкой — ключевое свойство для интеграции нестабильной по природе возобновляемой генерации.

Важным стратегическим ориентиром для всей программы служит перспектива превращения Карабахского региона в экспортный энергетический узел. Заложенный в 2022 году фундамент энергетического узла «Джебраил» мощностью 330 кВ в рамках Международного проекта Азербайджан-Турция-Европа формирует инфраструктурную основу для транспортировки «зелёной» электроэнергии в Нахчыван, а оттуда — в Турцию и на европейские рынки [4]. Именно к этому узлу планируется подключить гидроузлы «Худаферин» и «Гыз галасы», что обеспечит интеграцию карабахской генерации в будущий международный энергетический коридор. По мере ввода в строй солнечных и ветровых электростанций их мощности также предполагается направлять через этот коридор, формируя устойчивый экспортный поток «зелёной» энергии.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать ряд содержательных выводов относительно роли Карабахского региона в формировании «зелёной» энергетики Азербайджана.

Ресурсный потенциал региона по всем видам ВИЭ — солнечной, ветровой, гидро- и геотермальной энергетике — превышает 9,2 ГВт, что составляет около трети общестранового потенциала. Около трети этого потенциала приходится на солнечную генерацию южных районов, занимающих второе место по интенсивности инсоляции после Нахчыванской АР. Этот потенциал не просто значителен сам по себе — он диверсифицирован по видам и географически распределён таким образом, что даже при неблагоприятных условиях для одного вида генерации другие способны компенсировать дефицит, обеспечивая надёжность общей системы энергоснабжения.

Немаловажна и социально-экономическая составляющая. Формирование зоны «зелёной» энергетики органично вписывается в более широкую программу устойчивого поселения: без надёжного и экологически чистого энергоснабжения полноценное возвращение населения, развитие предпринимательства и создание новых рабочих мест остаются труднодостижимыми. Обеспечение более чем 22 тысяч человек всеми социальными услугами, функционирование сотен субъектов предпринимательства и вложение десятков миллионов манатов в экономику региона напрямую зависят от качества энергетической инфраструктуры, которая там выстраивается.

Стратегическая перспектива Карабахского региона как экспортного энергетического узла придаёт всему проекту дополнительное измерение. Через энергетический коридор «Джебраил» — Нахчыван — Турция — Европа «зелёная» электроэнергия региона способна выйти на международные рынки, превратив Азербайджан из поставщика углеводородов в поставщика чистой энергии. Это принципиальный сдвиг в позиционировании страны на глобальной энергетической карте, имеющий не только экономическое, но и геополитическое значение.

Вместе с тем необходимо трезво оценивать масштаб предстоящей работы. Суммарный потенциал ВИЭ региона освоен пока в незначительной мере. Ветроэнергетика находится на стадии измерений и предварительных оценок, геотермальные ресурсы практически не задействованы, а солнечные электростанции промышленного масштаба только начинают строиться. Устойчивая реализация заявленных целей потребует последовательного наращивания инвестиций, развития профессиональных компетенций, совершенствования нормативно-правовой базы в сфере «зелёного» финансирования и выстраивания долгосрочных механизмов государственно-частного партнёрства. Темп переселения населения должен соответствовать темпу ввода энергетических мощностей — рассинхронизация этих процессов способна существенно затруднить достижение намеченных ориентиров.

Литература

1. Асадова, Г. А. Анализ роли перехода к зелёной энергетике в борьбе с изменением климата / Г. А. Асадова, В. Гасанов, Н. Суваров // Вестник науки. — 2025. — Т. 3, № 12(93). — С. 2116-2123. — EDN DWKLOF.
2. Барыкина, Ю. Н. Зелёная энергетика и климатическое сотрудничество: совместные проекты и стандарты «зелёного» финансирования / Ю. Н. Барыкина, Ю. Юй // Россия-Китай: перспективы экономического развития : Сборник научных статей участников IV Международной научно-практической конференции, Иркутск, 06 февраля 2026 года. — Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2026. — С. 118-123. — EDN MTQAVJ.
3. Высказывание Вугара Ахмадова. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://clck.ru/3TMszJ (дата обращения: 29.04.2026).
4. Зеленая энергетика: ставка на экологичность. Карабах сыграет ключевую роль в зеленом переходе Азербайджана. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://www.elibrary.az/docs/qazet/qzt2024_5434.pdf (дата обращения: 03.07.2026).
5. Карабах стал первой зеленой энергетической зоной Азербайджана. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://clck.ru/3TMt2Z (дата обращения: 29.04.2026).
6. Карабах становится центром устойчивого развития и «зеленой» энергетики. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://clck.ru/3TMt3h (дата обращения: 29.04.2026).
7. Кузьмина, О. В. Формирование и развитие английской энергетической терминологии в эпоху зелёной энергетики / О. В. Кузьмина, Ж. И. Айтуганова // Иностранный язык: традиции, опыт и инновации : Материалы III Международной научно-практической заочной конференции, Казань, 25 декабря 2025 года. Том 2. Секция 3. — Казань: Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2026. — С. 142-144. — EDN IPMBHD.
8. Нагиев, Р. Р. Роль и место возобновляемой энергетики в Азербайджане / Р. Р. Нагиев // Страховое дело. — 2025. — № 4(385). — С. 25-35. — EDN BBGBDB.
9. Оценен потенциал энергетической инфраструктуры и «зеленой» энергетики Карабаха. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://clck.ru/3TMszy (дата обращения: 29.04.2026).
10. Рафальская, Е. В. Устойчивое развитие регионов: роль «зелёных» технологий и экологических инноваций / Е. В. Рафальская // Экономический рост как основа устойчивого развития России : Сборник статей IX-ой Всероссийской научно-практической конференции, Курск,

04—05 декабря 2025 года. — Курск: ЗАО «Университетская книга», 2025. — С. 373-375. — EDN BJPJXT.

11. Силаев, В. И. Опыт перехода промышленности на зелёную энергетику в Европейском Союзе и проекты зелёного производства / В. И. Силаев // СНК-2024 : материалы LXXIV международной студенческой научной конференции Московского Политеха, Москва, 01—26 апреля 2024 года. — Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшегообразования «Московский политехнический университет», 2024. — С. 191-196. — EDN ZDOEYR.

12. Энергетика восстановления: Хазар Ахундов о «зелёном повороте» в Карабахе. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: https://caliber.az/post/energetika-vosstanovleniya (дата обращения: 29.04.2026).

The role of the Karabakh region in the formation of the «green» energy of Azerbaijan

Polayeva G.B., Gezalov N.A. oglu
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (national research university)

JEL classification: H87, F02, F15, F29, F40, F42, F49

The Karabakh region holds a special place in Azerbaijan's energy strategy, having been officially recognized as the country's first green energy zone. This study analyzes the renewable energy potential of the liberated territories, examines ongoing infrastructure projects, and evaluates the region's role in the context of the global energy transition. Key development areas are identified: small hydropower, solar and wind generation, and geothermal resources. The total technical potential of renewable energy sources in the Karabakh and East Zangezur economic districts exceeds 9.2 GW, representing approximately one-third of the national potential. The ongoing program to transform the region into a green energy zone is shown to align with the national climate agenda and provides a sustainable foundation for restoring the liberated territories.

Keywords: green energy, renewable energy sources, Karabakh, Azerbaijan, energy transition, hydropower, solar energy, wind energy, sustainable development.

References

1. Asadova, G. A. Analysis of the role of the transition to green energy in combating climate change / G. A. Asadova, V. Gasanov, N. Suvarov // Bulletin of Science. — 2025. — Vol. 3, No. 12(93). — P. 2116-2123. — EDN DWKLOF.
2. Barykina, Yu. N. Green energy and climate cooperation: joint projects and green financing standards / Yu. N. Barykina, Yu. Yu // Russia-China: prospects for economic development : Collection of scientific articles of the IV International Scientific and Practical Conference, Irkutsk, February 06, 2026. — Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2026. — P. 118-123. — EDN MTQAVJ.
3. Statement by Vugar Ahmadov. [Electronic resource]. — Access mode. — URL: https://clck.ru/3TMszJ (accessed: 29.04.2026).
4. Green energy: a bet on environmental sustainability. Karabakh will play a key role in Azerbaijan's green transition. [Electronic resource]. — Access mode. — URL: https://www.elibrary.az/docs/qazet/qzt2024_5434.pdf (accessed: 29.04.2026).
5. Karabakh became Azerbaijan's first green energy zone. [Electronic resource]. — Access mode. — URL: https://clck.ru/3TMt2Z (accessed: 29.04.2026).
6. Karabakh is becoming a centre of sustainable development and green energy. [Electronic resource]. — Access mode. — URL: https://clck.ru/3TMt3h (accessed: 29.04.2026).
7. Kuzmina, O. V. Formation and development of English energy terminology in the era of green energy / O. V. Kuzmina, Zh. I. Aituganova // Foreign language: traditions, experience and innovations : Proceedings of the III International Scientific and Practical Correspondence Conference, Kazan, December 25, 2025. Vol. 2. Section 3. — Kazan: Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, 2026. — P. 142-144. — EDN IPMBHD.
8. Nagiyev, R. R. The role and place of renewable energy in Azerbaijan / R. R. Nagiyev // Insurance Business. — 2025. — No. 4(385). — P. 25-35. — EDN BBGBDB.
9. The potential of Karabakh's energy infrastructure and green energy has been assessed. [Electronic resource]. — Access mode. — URL: https://clck.ru/3TMszy (accessed: 29.04.2026).
10. Rafalskaya, E. V. Sustainable regional development: the role of green technologies and environmental innovations / E. V. Rafalskaya // Economic growth as the basis for Russia's sustainable development : Collection of articles of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, December 04-05, 2025. — Kursk: University Book CJSC, 2025. — P. 373-375. — EDN BJPJXT.
11. Silaev, V. I. Experience of transitioning industry to green energy in the European Union and green production projects / V. I. Silaev // SNC-2024 : proceedings of the LXXIV International Student Scientific Conference of Moscow Polytech, Moscow, April 01-26, 2024. — Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow Polytechnic University», 2024. — P. 191-196. — EDN ZDOEYR.
12. Energy of restoration: Khazar Akhundov on the «green turn» in Karabakh. [Electronic resource]. — Access mode. — URL: https://caliber.az/post/energetika-vosstanovleniya (accessed: 29.04.2026).

Организационно-экономический механизм управления цифровой трансформацией организации на основе нейросетевого контура поддержки управленческих решений

Алаев Александр Сергеевич
аспирант, кафедра управления социально-экономическими системами, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, alaevalexandr.99@mail.ru

В статье рассматривается организационно-экономический механизм управления цифровой трансформацией организации на основе нейросетевого контура поддержки управленческих решений. Обосновано, что внедрение цифровых технологий не обеспечивает устойчивого управленческого эффекта без их интеграции в стратегические цели, бизнес-процессы, систему данных, организационные роли и механизмы обратной связи. Предложен этапный механизм цифровой трансформации, включающий инициацию цифровых изменений, планирование и проектирование, внедрение цифровых решений, управление трансформацией, оценку результатов и дальнейшее развитие организации. Особое внимание уделено нейросетевому контуру, который рассматривается как встроенный аналитический элемент системы управления, обеспечивающий обработку данных, прогнозирование отклонений, выявление рисков и подготовку управленческих рекомендаций. Раскрыты требования к внедрению нейросетевых алгоритмов в проектно-ориентированных организациях, включая качество данных, технологическую инфраструктуру, кадровые компетенции и интеграцию интеллектуальных инструментов в бизнес-процессы. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования предложенного механизма для повышения управляемости цифровых изменений, согласованности решений и адаптивности организации.

Ключевые слова: цифровая трансформация, организационно-экономический механизм, нейросетевой контур, поддержка управленческих решений, искусственный интеллект, управление данными, бизнес-процессы, проектно-ориентированная организация, цифровая зрелость, механизм обратной связи.

Введение

Цифровая трансформация организаций в современных условиях приобретает характер не разового технологического обновления, а комплексного управленческого процесса, затрагивающего стратегические цели, бизнес-процессы, организационную структуру, систему данных, компетенции персонала и механизмы принятия решений [1; 2; 3; 4]. На практике внедрение цифровых технологий нередко осуществляется фрагментарно: отдельные информационные системы, аналитические инструменты или цифровые сервисы вводятся без достаточной увязки с общей стратегией развития организации, системой ответственности, показателями эффективности и механизмами обратной связи [5; 8]. В результате цифровые инициативы могут не приводить к ожидаемому управленческому и экономическому эффекту, а сама цифровая трансформация остаётся слабо управляемым процессом.

Наряду с этим цифровая трансформация требует не только внедрения отдельных цифровых решений, но и формирования организационно-экономического механизма, обеспечивающего поэтапное управление цифровыми изменениями.

Важным направлением развития такого механизма является использование нейросетевых технологий и инструментов интеллектуальной аналитики. Нейросетевой контур поддержки управленческих решений позволяет обрабатывать структурированные и неструктурированные данные, выявлять отклонения, прогнозировать риски, формировать альтернативные сценарии и подготавливать аналитические рекомендации для различных уровней управления [14; 15; 16; 17].

Нейросетевой контур поддержки управленческих решений в системе цифровой трансформации организации

В предлагаемой структурной модели управленческого контура цифровой трансформации предусматривается наличие специального нейросетевого контура поддержки и принятия управленческих решений, который связывает операционный, тактический и стратегический уровни управления через обобщение, интерпретацию и прогнозную обработку данных. [1; 2; 10; 17].

На этапе инициации нейросетевой контур обрабатывает массив исходной информации: требования заинтересованных сторон, нормативные ограничения, рыночные и контекстные данные, исторические сведения о реализованных проектах. Модели обработки естественного языка и аналитики неструктурированных данных выполняют анализ технических заданий, договорной и регуляторной документации, выделяют противоречия и риски, формируют сводные досье по потенциальным проектам. [9; 14; 16; 17].

На этапе проектирования и подготовки решения нейросетевой контур выполняет интеллектуальную обработку проектных материалов. Модели анализа структурированных и неструктурированных данных проверяют согласованность исходных предпосылок, выявляют логические противоречия, оценивают полноту и непротиворечивость проектной документации, формируют предложения по оптимизации конфигурации решения. [13; 14; 15; 16].

На этапе реализации проекта нейросетевой контур обрабатывает данные мониторинга хода работ, ресурсов и внешних условий. Модели анализа временных рядов, событийных потоков и визуальной информации выявляют отклонения от плановых значений, прогнозируют сдвиги по срокам и бюджету, оценивают вероятность наступления рисковых событий. На этой основе формируются сигналы раннего предупреждения и корректирующие воздействия. [9; 14; 15; 17].

На этапе эксплуатации результата проекта нейросетевой контур интегрируется с эксплуатационными и сервисными системами организации. На этой основе контур формирует рекомендации по оптимизации режимов эксплуатации, изменению параметров сервиса, планированию модернизации или вывода активов из эксплуатации. Параллельно осуществляется накопление и структурирование организационных знаний [10; 11; 12; 17].

Важной особенностью нейросетевого контура в предлагаемой модели является то, что он работает не изолированно, а в тесной связке с контуром управления данными, контуром цифровой культуры и мотивации, а также контуром адаптации организационной структуры и ролей.

На каждом этапе жизненного цикла проекты снабжаются не только аналитическими выводами, но и рекомендациями по корректировке регламентов, перераспределению ответственности, уточнению показателей эффективности. [10; 17; 18]

Схема нейросетевого контура поддержки и принятия управленческих решений представлена на рисунке 1

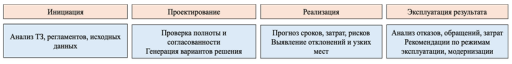


Рисунок 1 Схема нейросетевого контура поддержки и принятия управленческих решений (составлена автором)

Этапный организационно-управленческий механизм цифровой трансформации организации

Предлагаемый механизм (рисунок 22) включает пять взаимосвязанных стадий: инициацию цифровой трансформации, планирование и проектирование, внедрение трансформации, управление трансформацией, результаты и дальнейшее развитие. [1; 2; 4; 9].

Этапный организационно-управленческий механизм цифровой трансформации организации представлен на рисунке 2

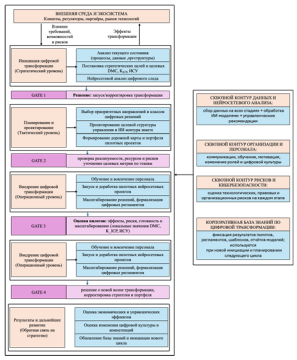


Рисунок 2 Этапный организационно-управленческий механизм цифровой трансформации организации представлен (составлена автором)

На первой стадии формируется обоснованная управленческая повестка цифровых изменений. На основе анализа текущего состояния организации, её бизнес-модели, портфеля проектов и уровня цифровой зрелости определяется, какие ограничения и проблемы не могут быть решены в рамках существующей системы управления. Диагностика включает анализ регламентов и процессов, оценки вовлечённости персонала, качества данных и работы информационных систем, а также расчёт исходных значений показателей DMC, KICP, ИСУ. [4; 8; 9].

Результатом стадии является постановка стратегических целей цифровой трансформации: формулируются целевые ориентиры по сокращению сроков и затрат, повышению прозрачности и управляемости процессов, развитию компетенций и изменению организационной модели. На этом этапе ответственность несут стратегические органы управления (совет директоров, высшее руководство), при участии ключевых функциональных руководителей и центра аналитики. [3; 4; 5]

Вторая стадия связана с переходом от общей цифровой повестки к структурированному плану действий. В рамках планирования:

- Выбираются приоритетные направления цифровизации и классы цифровых решений (платформы, системы, аналитические и нейросетевые сервисы), способные обеспечить достижение поставленных целей; [3; 7; 17]
- Разрабатывается архитектура целевого управленческого контура, включающая распределение ролей и центров ответственности, контуры управления данными и нейросетевого анализа; [4; 5; 10]
- Формируется дорожная карта цифровой трансформации, содержащая последовательность инициатив, пилотных проектов и организационных изменений, а также целевые значения ключевых показателей по этапам. [4; 9]

Именно на этой стадии определяется, какие элементы нейросетевого контура будут использоваться на этапах жизненного цикла проектов, как они интегрируются с существующими информационными системами и в какие точки процессов «встраиваются» аналитические рекомендации. Ответственность за результаты планирования несут руководитель цифровой трансформации (CDO), проектный офис и функциональные руководители. [14; 15; 16; 17]

Третья стадия отражает переход от проектных решений к практической реализации. В её рамках:

- Организуется обучение и вовлечение персонала, формируются команды пилотных проектов, уточняются роли владельцев процессов и внутренних заказчиков цифровых решений; [4; 9; 17]
- Реализуются пилотные проекты, в ходе которых цифровые и нейросетевые сервисы встраиваются в реальные бизнес-процессы; по результатам пилотов проводится оценка экономических и управленческих эффектов, доработка функционала и регламентов; [6; 7; 9]
- Успешные решения масштабируются на другие подразделения и проекты, создаются типовые сценарии и методические материалы. [6; 7; 9]

На этой стадии проявляется практическая работа нейросетевого контура: модели начинают регулярно обрабатывать данные, формировать рекомендации, выявлять отклонения и узкие места. Показатели KICP и ИСУ отражают степень того, насколько новые цифровые регламенты и KPI реально внедрены в операционную деятельность. [14; 15; 17].

Четвёртая стадия ориентирована на обеспечение устойчивости и управляемости цифровых изменений. Она включает:

- Мониторинг и оценку эффективности цифровых инициатив и управленческого контура в целом на основе системы показателей (DMC, KICP, ИСУ и дополнительных индикаторов); [8; 9; 10]
- Адаптацию бизнес-процессов и организационной структуры по результатам работы нейросетевого контура: корректировку регламентов, перераспределение ответственности, уточнение наборов KPI; [9; 10; 17]
- Обеспечение кибербезопасности и технологической устойчивости цифрового контура, включая управление доступами, контроль рисков, резервирование ключевых сервисов. [18]

На этой стадии цифровая трансформация перестаёт быть набором разовых проектов и становится постоянным управляемым процессом, встроенным в общую систему стратегического и операционного управления. Нейросетевой контур превращается в регулярный источник сигналов и рекомендаций, а показатели цифровой зрелости используются в качестве инструментов управленческого контроллинга. [1; 2; 6]

Пятая стадия фиксирует достигнутые результаты и задаёт направление дальнейших итераций трансформации.

Полученные результаты используются для пересмотра цифровой стратегии, актуализации дорожной карты и постановки новых целей, что замыкает цикл и переводит организацию к новому витку цифровой трансформации. [1; 2]

Реализация цифровой трансформации организации предполагает наличие устойчивой обратной связи между всеми этапами рассматриваемого механизма. Получаемые на стадиях внедрения, управления и оценки результаты не ограничиваются фиксацией достигнутого состояния, а выступают основанием для последующего пересмотра целей, уточнения параметров цифровых инициатив, корректировки набора используемых инструментов и изменения управленческих решений. [1; 2; 6; 9]

Механизм обратной связи обеспечивается посредством сопоставления целевых и фактических значений показателей, анализа динамики цифровой зрелости организации и интерпретации результатов функционирования управленческого контура. [1; 8; 9; 10]

Отдельное значение в рамках механизма обратной связи имеет использование нейросетевого контура поддержки управленческих решений. Его результаты применяются не только на стадии непосредственного внедрения цифровых решений, но и в ходе мониторинга, анализа тенденций, выявления скрытых отклонений, прогнозирования последствий управленческих действий и подготовки корректирующих мер. [14; 15; 17]

Наличие обратной связи означает, что завершение очередного этапа цифровой трансформации не фиксирует окончание процесса, а создаёт предпосылки для запуска нового цикла организационного развития. [1; 6; 7]

Внедрение нейросетевого контура поддержки и принятия управленческих решений на примере строительной организации

Эффективность цифровой трансформации определяется не только внедрением инновационных технологий, но и их чёткой увязкой с корпоративной стратегией. На примере строительной организации предполагается выделить:

1. Стратегический уровень: постановка целей цифровизации

На стратегическом уровне управление цифровыми ресурсами начинается с постановки целей и задач цифровой трансформации, согласованных с общей стратегией компании.

Ответственность за данный уровень несёт высшее руководство и директора по цифровой трансформации (CDO), которые определяют приоритеты, формулируют ключевые показатели эффективности (KPI), а также разрабатывают дорожные карты реализации цифровых инициатив. [4; 9].

2. Тактический уровень: подбор и внедрение цифровых инструментов

На тактическом уровне цифровые ресурсы должны быть напрямую связаны с реализацией поставленных стратегических целей. Здесь важную роль играет среднее звено управления, в том числе руководители проектов, начальники ИТ-департаментов, BIM-менеджеры, аналитики данных. Они отвечают за подбор и интеграцию технологий, наиболее подходящих для решения стратегических задач. [1; 2]

3. Операционный уровень: контроль и коррекция на основе результатов

На операционном уровне устанавливается прямая обратная связь между внедрёнными цифровыми ресурсами и достигнутыми результатами. Для этого формируется система мониторинга ключевых показателей эффективности цифровых решений (Digital KPIs). [8; 9; 10]

4. Цикл обратной связи и совершенствования

Ключевой особенностью предлагаемой модели является наличие цикла обратной связи и совершенствования. По итогам получаемых данных об истинной эффективности использующихся цифровых инструментов и нейросетей принимаются решения о необходимости дообучения моделей, изменении алгоритмов или оптимизации процедуры сбора и обработки данных. [1; 6; 17].

ML-инженеры и Data Scientist-специалисты на основе анализа расхождений между прогнозными и фактическими сроками завершения проектов регулярно проводят дополнительное обучение нейросетей на новых массивах данных. BIM-координаторы и аналитики могут корректировать структуру данных в информационной модели для повышения точности и надежности алгоритмов, используемых на втором и третьем уровнях цифрового контура [10; 14; 17].

Схема функционирования цифрового контура представлена на рисунке 3.

Рис. 3. Схема функционирования цифрового контура (составлена автором)

Внедрение нейросетевых алгоритмов требует больших массивов качественных, полноценных, структурированных и размеченных данных. В строительстве это означает наличие [10; 11; 12; 13]:

- Цифровых моделей объектов (BIM) в машиночитаемых форматах;
- Исторических данных о проектах: сроки, бюджеты, отклонения, риски;
- Визуальных материалов (фото/видео с площадки), снабжённых метаданными;
- Текстовых документов, оформленных с едиными шаблонами и терминологией.

При этом данные должны быть стандартизированы, унифицированы и доступны через API, чтобы нейросетевые алгоритмы могли полноценно взаимодействовать с другими цифровыми системами (ERP, PM-системами и др.). [10; 11; 12]

Нейросетевые модели являются ресурсоёмкими: для их обучения и функционирования требуется высокопроизводительная вычислительная среда. Поэтому строительная организация должна обеспечить [18]:

- Доступ к GPU-или TPU-серверам (локальным или облачным);
- Наличие ИТ-инфраструктуры для хранения, обработки и передачи больших объёмов данных;
- Возможность интеграции моделей в производственные процессы (через API, облачные сервисы, микросервисы);
- Безопасную и отказоустойчивую среду для эксплуатации ИИ.

Особое внимание уделяется безопасности данных, поскольку в ряде случаев речь идёт о коммерчески чувствительной информации, а значит -требуется соблюдение стандартов кибербезопасности. [18]

Для внедрения и сопровождения нейросетей необходимо формирование внутри организации или в партнёрской сети следующих ролей [9; 10; 17]:

- Data Scientists - проектируют архитектуру моделей, анализируют данные, формируют гипотезы;
- ML -инженеры - обеспечивают развёртывание, автоматизацию и интеграцию нейросетей;
- BIM-менеджеры - контролируют чистоту и полноту исходной информации;
- ИТ-департамент - обеспечивает работу инфраструктуры, взаимодействие с другими системами;
- Проектные менеджеры - связывают техническую реализацию с бизнес-целями проекта.

Заключение

В результате проведённого исследования обоснован организационно-экономический механизм управления цифровой трансформацией организации на основе нейросетевого контура поддержки управленческих решений. Предложенный подход позволяет рассматривать цифровую трансформацию не как совокупность разрозненных ИТ-проектов, а как поэтапный управленческий процесс, включающий инициацию цифровых изменений, планирование и проектирование, внедрение цифровых решений, управление трансформацией, оценку результатов и дальнейшее развитие организации [1; 2; 4].

Нейросетевой контур поддержки управленческих решений в рамках предложенного механизма выполняет функцию интеллектуального аналитического слоя, обеспечивающего обработку данных, выявление отклонений, прогнозирование сроков, затрат и рисков, формирование альтернативных сценариев и подготовку управленческих рекомендаций. Его применение позволяет перейти от преимущественно реактивной модели управления к более проактивной модели, основанной на раннем выявлении проблемных зон, анализе больших массивов информации и своевременной корректировке цифровых инициатив [14; 15; 16; 17].

Установлено, что нейросетевой контур не может рассматриваться как автономный источник управленческих решений. Его результативность зависит от качества исходных данных, степени их структурированности, технологической инфраструктуры, наличия необходимых цифровых компетенций, механизмов верификации аналитических выводов и организационной готовности к использованию интеллектуальных рекомендаций в реальных управленческих процессах. Поэтому внедрение нейросетевых решений требует одновременного развития контуров управления данными, цифровой культуры, кадровых компетенций, кибербезопасности и регламентов принятия решений [10; 18; 19].

Предложенный этапный механизм имеет циклический характер. Завершение очередного этапа цифровой трансформации не означает окончания процесса, а формирует информационную и аналитическую основу для нового цикла изменений. Результаты мониторинга, расчёта показателей, анализа отклонений и работы нейросетевого контура используются для уточнения целей, корректировки дорожной карты, пересмотра состава цифровых инициатив и адаптации организационной структуры к новым условиям [1; 6; 7; 9].

Литература

1. Виал Г. Понимание цифровой трансформации: обзор и программа исследований // The Journal of Strategic Information Systems. 2019. Т. 28, вып. 2. С. 118–144.

2. Верхуф П. К., Брукхёйзен Т., Барт Я., Бхаттачарья А., Донг Дж. К., Фабиан Н., Хенлейн М. Цифровая трансформация: междисциплинарное осмысление и программа исследований // Journal of Business Research. 2021. Т. 122. С. 889–901.

3. Бхарадвандж А., Эль Сави О. А., Павлоу П. А., Венкатраман Н. Цифровая бизнес-стратегия: к новому поколению научных представлений // MIS Quarterly. 2013. Т. 37, № 2. С. 471–482.

4. Кейн Г. К., Палмер Д., Филлипс А. Н., Кирон Д., Бакли Н. Стратегия, а не технология, движет цифровой трансформацией: становление цифрово зрелого предприятия. MIT Sloan Management Review; Deloitte University Press, 2015.

5. Вестерман Дж., Бонне Д., Макафи Э. Лидерство в цифровой среде: превращение технологий в бизнес-трансформацию. Бостон: Harvard Business Review Press, 2014.

6. Тис Д. Дж. Раскрытие динамических способностей: природа и микрооснования устойчивой эффективности предприятия // Strategic Management Journal. 2007. Т. 28, № 13. С. 1319–1350.

7. Намбисан С., Лиитинен К., Майхржак А., Сонг М. Управление цифровыми инновациями: переосмысление исследований в области управления инновациями в цифровом мире // MIS Quarterly. 2017. Т. 41, № 1. С. 223–238.

8. Deloitte; TM Forum. Модель цифровой зрелости: достижение цифровой зрелости для стимулирования роста. Лондон: Deloitte, 2018.

9. Project Management Institute. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (PMBOK Guide) — седьмое издание и Стандарт по управлению проектами. Ньютаун-Сквер, Пенсильвания: Project Management Institute, 2021.

10. DAMA International. DAMA-DMBOK: Свод знаний по управлению данными. 2-е изд. Баскинг-Ридж: Technics Publications, 2017.

11. ISO 19650-1:2018. Организация и цифровизация информации о зданиях и сооружениях, включая информационное моделирование зданий *(BIM). Управление информацией с использованием информационного моделирования зданий. Часть 1:* Понятия и принципы. Женева: International Organization for Standardization, 2018.

12. ISO 19650-2:2018. Организация и цифровизация информации о зданиях и сооружениях, включая информационное моделирование зданий (BIM). Управление информацией с использованием информационного моделирования зданий. Часть 2: Этап реализации активов. Женева: International Organization for Standardization, 2018.

13. Сакс Р., Истман Ч., Ли Г., Тайхольц П. Справочник по BIM: руководство по информационному моделированию зданий для владельцев, проектировщиков, инженеров, подрядчиков и управляющих объектами. 3-е изд. Хобокен: Wiley, 2018.

14. Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвиль А. Глубокое обучение. Кембридж, Массачусетс: MIT Press, 2016.

15. ЛеКун Я., Бенджио Й., Хинтон Дж. Глубокое обучение // Nature. 2015. Т. 521. С. 436–444.

16. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 4-е изд. Хобокен: Pearson, 2021.

17. Давенпорт Т. Х., Роианки Р. Искусственный интеллект для реального мира // Harvard Business Review. 2018. Т. 96, № 1. С. 108–116.

18. National Institute of Standards and Technology. Система управления рисками искусственного интеллекта (AI RMF 1.0). NIST AI 100-1. Гейтерсберг: NIST, 2023.

19. OECD. Рекомендация Совета по искусственному интеллекту. OECD/LEGAL/0449. Париж: OECD, 2019; обновлено в 2024 г.

Organizational and Economic Mechanism for Managing an Organization's Digital Transformation Based on a Neural Network–Driven Decision Support Framework

Alaev A.S.
St. Petersburg University of Management Technologies and Economics

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The article examines an organizational and economic mechanism for managing an organization's digital transformation based on a neural network–driven decision support framework. It is substantiated that the implementation of digital technologies does not ensure a sustainable managerial effect unless they are integrated into strategic objectives, business processes, data management systems, organizational roles, and feedback mechanisms. A staged mechanism of digital transformation is proposed, including the initiation of digital change, planning and design, implementation of digital solutions, transformation management, assessment of results, and further organizational development. Particular attention is paid to the neural network framework, which is considered an embedded analytical element of the management system that supports data processing, deviation forecasting, risk identification, and the preparation of managerial recommendations. The article identifies requirements for implementing neural network algorithms in project-oriented organizations, including data quality, technological infrastructure, human competencies, and the integration of intelligent tools into business processes. The practical significance of the study lies in the possibility of using the proposed mechanism to improve the manageability of digital change, the coherence of decisions, and organizational adaptability.

Keywords: digital transformation, organizational and economic mechanism, neural network framework, managerial decision support, artificial intelligence, data management, business processes, project-oriented organization, digital maturity, feedback mechanism.

References

1. Vial, G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. The Journal of Strategic Information Systems, 2019, vol. 28, iss. 2, pp. 118–144.
2. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., Haenlein, M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of Business Research, 2021, vol. 122, pp. 889–901.
3. Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., Venkatraman, N. Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. MIS Quarterly, 2013, vol. 37, no. 2, pp. 471–482.
4. Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., Buckley, N. Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation: Becoming a Digitally Mature Enterprise. MIT Sloan Management Review; Deloitte University Press, 2015.
5. Westerman, G., Bonnet, D., McAfee, A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.
6. Teece, D. J. Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of Sustainable Enterprise Performance. Strategic Management Journal, 2007, vol. 28, no. 13, pp. 1319–1350.
7. Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., Song, M. Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World. MIS Quarterly, 2017, vol. 41, no. 1, pp. 223–238.
8. Deloitte; TM Forum. Digital Maturity Model: Achieving Digital Maturity to Drive Growth. London: Deloitte, 2018.
9. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) — Seventh Edition and The Standard for Project Management. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021.
10. DAMA International. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge. 2nd ed. Basking Ridge: Technics Publications, 2017.
11. ISO 19650-1:2018. Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM) — Information Management Using Building Information Modelling — Part 1: Concepts and Principles. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
12. ISO 19650-2:2018. Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM) — Information Management Using Building Information Modelling — Part 2: Delivery Phase of the Assets. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
13. Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2018.
14. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.
15. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. Deep learning. Nature, 2015, vol. 521, pp. 436–444.
16. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Hoboken: Pearson, 2021.
17. Davenport, T. H., Ronanki, R. Artificial Intelligence for the Real World. Harvard Business Review, 2018, vol. 96, no. 1, pp. 108–116.
18. National Institute of Standards and Technology. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). NIST AI 100-1. Gaithersburg: NIST, 2023.
19. OECD. Recommendation of the Council on Artificial Intelligence. OECD/LEGAL/0449. Paris: OECD, 2019; updated 2024.

Стратегическое планирование и маркетинг в сфере образовательных услуг: анализ, позиционирование и диверсификация

Аруна
д.э.н., Университетский технологический институт, arounaiut@yahoo.fr

Статья посвящена анализу стратегического маркетингового планирования в сфере образовательных услуг. Основное внимание уделяется процессам анализа рынка, позиционирования и сегментации, разработке маркетингового комплекса и стратегиям диверсификации образовательных учреждений. Исследуется влияние этих аспектов на удовлетворение потребностей потребителей и на устойчивость учебных заведений на конкурентном рынке. Рассмотрены примеры приложения стратегий вертикальной диверсификации, включая расширение внутренних структур вузов. Статья предлагает комплексный подход к маркетингу в образовании, основанный на тщательном анализе и целенаправленном использовании маркетинговых инструментов для достижения стратегических целей образовательных учреждений.
Ключевые слова: стратегическое планирование, маркетинг в образовании, анализ рынка, позиционирование, сегментация рынка, маркетинговый комплекс, диверсификация вузов, вертикальная диверсификация, образовательные услуги.

The modern education system is undergoing transformation caused by a number of factors, particularly increased competition in the educational services market. Under these conditions, educational institutions are forced to adapt to new realities and seek effective ways to attract potential clients.

Marketing in the education sector has its own specific characteristics, conditioned by the intangible nature of educational services. Unlike traditional goods, educational services represent the transfer of knowledge, skills, and abilities necessary for the development of human capital. The content and form of intellectual capital transfer must meet labor market requirements to ensure the demand for graduates [2].

Educational services, as part of the social sphere, in modern conditions acquire not only social but also economic significance. However, the complete transfer of commercial marketing principles to the activities of educational institutions can lead to a conflict between the economic interests of universities, the social needs of students, and state educational policy [8].

This necessitates a balanced approach to the marketing of educational services, taking into account both the economic efficiency of educational institutions and their social mission. The state is called upon to play a key role in regulating the educational services market, ensuring a balance of interests among all its participants and supporting socially significant areas of personnel training [3].

Marketing, a concept borrowed from English, where it directly translates as "market," describes a complex system of interconnected elements aimed at establishing a balance between supply and demand. The primary goal of marketing is to create products and services that are not only in demand by society but also meet its needs.

The educational services market in Russia is relatively young, but it's already clear that supply in higher education significantly exceeds demand. Although marketing tools have long been successfully used in business, their use in education has until recently been met with skepticism and even rejection. Nevertheless, for higher education institutions to successfully implement marketing management and address key strategic issues, clearly developed marketing strategies are essential. This is especially important in an environment of strict government regulation, as without effective marketing approaches, educational institutions struggle to achieve competitive advantages and adapt to market conditions.

This study examines strategic marketing planning as a management decision-making process that begins with defining the organization's mission, goals, and objectives, continues with an analysis of the external and internal environment, the development of alternative strategies, and culminates in the selection of the most appropriate strategy. This topic is widely discussed in both Russian and international academic circles.

Higher education institutions striving for sustainable development and competitiveness are increasingly turning to strategic marketing principles. This approach involves careful analysis and monitoring of key external environmental factors, such as the needs and preferences of target audiences, labor market trends and demands, and other exogenous factors that may influence the functioning of the educational institution. The process of segmenting the educational services market is highly complex and multifaceted, necessitating a more extensive and in-depth marketing strategy for universities than for commercial organizations [7].

A characteristic feature of strategic marketing in higher education is the close correlation between the university's operations and the needs of the labor market, which serves as the consumer of trained specialists. When conducting a marketing analysis of this market, it is essential to consider the fact that employers prioritize the level of graduates' education and their mastery of the professional competencies necessary for effective job performance. Successful graduate employment and high academic performance are key indicators of the effectiveness and efficiency of the higher education system.

Igor Ansoff, a leading researcher in the field of strategic planning, developed a classification of growth strategies that includes four main areas. The first strategy, called "market penetration strategy," assumes that universities will continue to operate within the existing market without resorting to changes. In a growing market, this strategy requires no additional effort, as the increase in student numbers occurs naturally. However, in a situation of demographic decline, stimulating growth is only possible through the use of various marketing tools, such as discounts and special offers on tuition, advertising campaigns, etc. However, this strategy has certain

limitations, since even active use of marketing methods is unlikely to have a significant impact on the image and reputation of the university in the short term, which may hinder the attraction of more students [9].

The second strategy, called "market development strategy," involves universities leveraging existing educational programs to enter new markets. The broader the market reach, the more stable the university's position becomes through risk diversification. The ideal scenario for universities is to be present in multiple geographic markets to promote their educational services. The key to this strategy is achieving the broadest possible market coverage. Regional universities typically consider their development strategy from two perspectives: offering state-funded places and offering fee-based tuition. In the first case, applicants' priorities when choosing a university are ranked in the following order: interest in their future career and the university's reputation (brand). If strategies for attracting students on a fee-based basis are considered, the key factors for such applicants are: tuition costs, interest in their future career, the university's brand, and their region of residence. Given this, in the second case, pricing should be based on discounts, which will allow them to enter new market segments.

The third strategy, designated as the "educational services development strategy," involves entering existing markets with new educational services, such as new training programs, preparatory and retraining programs, and so on. Implementing this strategy requires in-depth strategic analysis and justification, as the new approach must be in demand and accepted by the labor market.

Finally, the fourth strategy, called "diversification strategy," involves entering new markets (new groups of service consumers) with new services (new areas of study, new educational programs). For example, humanities universities can introduce training in economics. Furthermore, diversification can be achieved by offering consumers new services not directly related to educational activities, such as consulting, travel management, hotel services, etc.

Thus, strategic marketing plays a key role in the functioning of modern universities, enabling them to adapt to dynamic external conditions, compete successfully in the educational services market, and ensure sustainable and consistent development over the long term. The application of strategic marketing principles and methods helps improve the efficiency and effectiveness of universities, strengthen their market position, and foster a positive image and reputation among target audiences and society at large.

The following options for diversification of universities are possible (Table 1) [6]:

Table 1
Examples of the application of diversification strategies in educational services

Diversification strategy	Application examples
Vertical diversification	Expanding the university's services by creating internal structures such as career centers, research institutes, and innovation laboratories
Concentric diversification	Developing new educational programs based on existing resources and competencies, such as master classes and professional seminars on the use of digital technologies in education
Horizontal diversification	Introduction of new courses and programs aimed at developing competencies in demand in the market, such as digital marketing, data management, and artificial intelligence
Conglomerate diversification	Offering educational services beyond the university's traditional specialization, including programs for entrepreneurs, courses on environmental sustainability, and financial literacy

Educational services play a fundamental role in satisfying a wide range of needs, spanning the individual, group, and societal levels, which entails serving the interests of end consumers, employers, and the state as a whole. However, despite their importance, educational services share a number of specific characteristics common to the service sector as a whole, such as indivisibility, intangibility, instability in quality, fragility, and lack of ownership.

In the current context, the marketing of educational services has undergone a number of significant transformations, including state standardization of educational services, the abandonment of the state monopoly in education, and the transition to a fee-based system of tuition. These changes are driven by the need to adapt to dynamically evolving market conditions and the desire to improve the efficiency of the educational system.

Marketing relationships in education are comprised of three key groups of participants. First, these are educational institutions of various levels, including universities, colleges, schools, institutes, and continuing education centers. Second, these are consumers of educational services, who may be represented by both legal entities and individuals. And finally, these are public organizations that play a key role in promoting educational services, such as political parties, various associations, and other non-profit organizations [6].

In the educational context, students are the primary users of services and products. They not only utilize these services but also form their own perceptions of their quality and performance. In this context, marketing research aims to understand student needs, assess the impact of the labor market on the performance of educational institutions, and develop strategies for training personnel that will be in demand.

Educational services, considered in the context of society's sociocultural dynamics, are subject to the peculiarities of market interaction, where supply and demand are closely intertwined and create unique market conditions. This is particularly evident in the example of Moscow universities, which, thanks to their superior equipment and qualified personnel, can command higher prices for their educational services compared to regional universities.

Educational services carry a significant social burden, which influences pricing mechanisms. State support in the form of subsidies is often directed toward state-owned universities, compensating for the inefficiencies of market-based governance instruments. This forces educational institutions to seek a balance between fee-based and free programs, while maintaining differences in tuition for different categories of students [5].

The educational services sector is characterized by information asymmetry: students, lacking complete information about the quality of services, often interpret their cost as an indicator of reliability and quality. This underscores the importance of transparency and accessibility of information about the education offered to shape reasonable expectations and ensure consumer satisfaction.

The educational services market is described as an arena where potential consumers, including applicants and adults seeking their first or second higher education, seek to interact with educational institutions. In this context, the development of a marketing mix plays a key role. This mix represents a systematic arsenal of marketing tools aimed at targeted influence on the market and its participants. This set of tools, also known as the marketing mix, allows organizations to manage the production, sale, and promotion of their educational products while ensuring profitability [10].

Let's take a closer look at each element of the marketing mix:

1. The product is a specific educational program or project developed by educational institutions to meet the needs for training or professional retraining.

2. Price – This element is critical to profit generation, as consumers are willing to pay a premium for added features or capabilities in educational programs, which may include a high level of service or staff qualifications.

3. Distribution (Path) – describes the channels and mechanisms through which educational services are transferred from producers to consumers, ensuring the efficient flow and transfer of ownership of educational products.

4. Promotion – this element includes all methods and channels of communication that help attract the attention of consumers, shape their opinions, and contribute to the creation of demand for educational products.

5. People (Personality) – reflects the professionalism and qualifications of the teaching staff, which is one of the key factors determining the competitiveness of educational services.

6. Physical environment – includes the conditions in which educational services are provided and the facilities used in the process of their provision.

7. Processes – cover procedures, sequences of actions and mechanisms that are involved in the process of providing educational services.

Marketing elements in the educational sector play a key role in building long-term customer loyalty and stimulating their interest in further educational product purchases. In light of this, the need for a detailed analysis and individual improvement of each component as part of a global marketing strategy becomes clear.

Marketing efforts in education are only just beginning to develop. Government policies aimed at supporting national higher education institutions through the distribution of benefits and the development of a catalog of professions needed in the labor market facilitate the organization of training and the protection of talent.

Developing the education system, including the provision of educational courses and services, is key to maintaining the competitiveness of educational institutions. This serves as the foundation for developing management strategies for educational organizations, where marketing and strategic management complement each other.

The central aspect in educational marketing is the use of the marketing mix tool, which includes the following components:

- Analysis of market conditions and consumer demand in the field of educational services;
- Market positioning and segmentation;
- Expansion and optimization of the offer of educational services and products;
- Establishing pricing policy;
- Formation of mission and strengthening of brand;

- Organization of marketing campaigns [1].

The following conclusions can be drawn from the results of the study. Strategic marketing planning plays a key role in the effective functioning and development of modern educational institutions. It enables universities to adapt to a dynamic external environment, ensure competitiveness in the educational services market, and achieve long-term goals. Market analysis, positioning, target audience segmentation, and the development of an optimal marketing mix contribute to increased university efficiency and better satisfaction of student needs. The use of various diversification strategies, such as vertical, concentric, horizontal, and conglomerate, opens up new opportunities for educational institutions to develop and strengthen their market position. A comprehensive approach to strategic marketing, based on the synergy of all the aspects discussed, is the key to the sustainable development of universities in an increasingly competitive educational market.

Strategic planning and marketing in the field of educational services: analysis, positioning and diversification

Arouna
Institut Universitaire de Technologie

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article analyzes strategic marketing planning in educational services. It focuses on market analysis, positioning, and segmentation, marketing mix development, and educational institution diversification strategies. The impact of these aspects on consumer satisfaction and the sustainability of educational institutions in a competitive market is explored. Examples of vertical diversification strategies, including the expansion of internal university structures, are considered. The article proposes a comprehensive approach to educational marketing based on careful analysis and targeted use of marketing tools to achieve the strategic goals of educational institutions.

Keywords: strategic planning, marketing in education, market analysis, positioning, market segmentation, marketing mix, diversification of universities, vertical diversification, educational services.

References

1. Dontsova V.I. Planning in the system of marketing of educational services // Economy and business: theory and practice. 2017. No. 4-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-v-sisteme-marketinga-obrazovatelnyh-uslug (date of access: 13.06.2024).
2. Zavadskaya V.V. Specifics of educational services and their marketing // STEZH. 2015. No. 2 (21). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-obrazovatelnyh-uslug-i-ih-marketing (date of access: 13.06.2024).
3. Kosyakov M.A. Marketing of educational services: pros and cons // UEKS. 2015. No. 5 (77). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/marketing-obrazovatelnyh-uslug-za-i-protiv (date of access: 13.06.2024).
4. Popova T.S., Maksaev A.A. The Importance of Marketing Activities for an Educational Institution in the New Economic Conditions // Practical Marketing. 2019. No. 12 (274). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-marketingovoy-deyatelnosti-dlya-obrazovatelnogo-uchrezhdeniya-v-novyh-ekonomicheskih-usloviyah (accessed: 13.06.2024).
5. Samokhin M.S. Social significance of pricing in the educational services market // Questions of science and education. 2020. No. 21 (105). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnoe-znachenie-tsenoobrazovaniya-na-rynke-obrazovatelnyh-uslug (date of access: 13.06.2024).
6. Svekatovsky R.V. Diversification of the University's Activities as Part of Its Entrepreneurial Strategy // Economy and Management. 2012. No. 5 (79). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/diversifikatsiya-deyatelnosti-vuza-kak-chast-ego-predprinimatelskoy-strategii (date of access: 13.06.2024).
7. Sudakova A.E., Sandler D.G., Tarasyeva T.V. Competition between universities: conceptual analysis // University management: practice and analysis. 2020. No. 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentsiya-mezhdu-vuzami-kontseptualnyy-analiz (date of access: 13.06.2024).
8. Khalitova S.A. On the issue of promoting educational services in new socio-economic conditions // Innovative development of professional education. 2012. No. 1 (01). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-prodvizhenii-obrazovatelnyh-uslug-v-novyh-sotsialno-ekonomicheskih-usloviyah (date of access: 13.06.2024).
9. Kipley Dr., Alfred Dr. The Scalability of H. Igor Ansoff's Strategic Management Principles for Small and Medium Sized Firms // Journal of Management Research. 2009. Vol. 1. P. 10.5296/jmr.v1i1.33.
10. Musayev B.Sh. Marketing Tools in Promoting Higher Education Services // Экономика и социум. 2024. №2-1 (117). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/marketing-tools-in-promoting-higher-education-services (дата обращения: 13.06.2024).

Влияние цифровых двойников на операционную эффективность производственных систем в промышленности

Булыгина Алевтина Валерьевна
студент, Институт управления, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, alevtinabulygina22@mail.ru

В статье исследуется влияние цифровых двойников на операционную эффективность производственных систем в промышленности. Рассмотрены теоретические подходы к определению цифрового двойника, особенности его интеграции в производственную инфраструктуру и механизмы взаимодействия с промышленными информационными системами. Выявлены основные направления влияния цифровых двойников на производственные процессы, включая снижение простоев оборудования, повышение точности планирования, оптимизацию использования ресурсов и сокращение производственных потерь. Предложена концептуальная модель оценки влияния цифрового двойника на операционную эффективность предприятия, основанная на взаимосвязи скорости обработки данных, аналитических возможностей системы и уровня автоматизации управленческих решений. Сделан вывод о трансформации цифрового двойника из инструмента мониторинга в элемент предиктивного и самоадаптивного управления производством, обеспечивающий устойчивость, гибкость, конкурентоспособность и технологическую адаптацию предприятий будущего.

Ключевые слова: цифровой двойник, промышленность, операционная эффективность, производственные системы, цифровизация, предиктивное управление, интеллектуальное производство, Индустрия 4.0.

Промышленное предприятие всё заметнее зависит от скорости обращения информации: задержка данных начинает влиять на устойчивость производства почти так же, как технический износ оборудования. Производственный цикл уже трудно поддерживать исключительно за счёт заранее составленного плана. Меняются параметры заказов, возникают внеплановые остановки, смещаются поставки, а цена даже локальной ошибки постепенно возрастает. В этих условиях цифровой двойник перестаёт восприниматься как абстрактная цифровая концепция. Речь идёт о средстве, связывающем физический объект с его виртуальной моделью и позволяющем проверять управленческие решения ещё до их воздействия на реальную производственную среду.

В научных исследованиях цифровые двойники обычно описываются как динамически обновляемые модели, функционирование которых поддерживается потоками данных от оборудования, корпоративных информационных систем и элементов производственной инфраструктуры. Их используют при имитационном моделировании, организации предиктивного обслуживания, адаптивном планировании, анализе сценариев и выявлении производственных ограничений. Публикации последних лет фиксируют снижение времени простоев, более стабильную загрузку мощностей, уменьшение материальных потерь и повышение точности распределения ресурсов. Особенно отчётливо подобные эффекты проявляются в дискретном производстве, гибких производственных системах и добывающем секторе, где даже незначительные отклонения в работе оборудования или производственного графика быстро отражаются на финансовом результате.

При этом влияние цифровых двойников на операционную эффективность нередко рассматривается фрагментарно. В одних работах внимание сосредоточено на технических параметрах, в других — на экономических показателях либо изменениях управленческих процессов. В рамках данного исследования цифровой двойник рассматривается как механизм преобразования производственных данных в управленческое действие. Научная новизна связана с попыткой интерпретировать цифровой двойник не только как платформу мониторинга, но и как инструмент сокращения временного промежутка между возникновением производственного отклонения и реакцией системы управления.

В отличие от подходов, в рамках которых эффективность цифровых двойников оценивается через совокупность изолированных технических показателей, внимание сосредоточено на соотношении скорости обработки данных, аналитической глубины и устойчивости производственной системы при изменении условий функционирования.

Такой ракурс позволяет выйти за пределы общего утверждения о преимуществах цифровизации и рассмотреть, каким образом уровень интеграции цифрового двойника соотносится с операционной устойчивостью промышленного предприятия.

Исследование опирается на аналитическое сопоставление современных работ, посвящённых использованию цифровых двойников в промышленной сфере и опубликованных в 2019–2025 гг. В отбор включались публикации, содержащие данные о влиянии цифровых двойников на производственные параметры: продолжительность простоев, степень загрузки оборудования, стабильность производственного графика, точность планирования, а также объём материальных потерь.

Отдельно рассматривались исследования, в которых цифровой двойник анализировался не как самостоятельный технологический элемент, а как часть управленческого контура предприятия. Это оказалось принципиальным. В ряде публикаций сокращение простоев фиксировалось уже после внедрения систем мониторинга, однако без интеграции с инструментами производственного планирования и аналитическими платформами эффект оставался ограниченным.

Сопоставление результатов позволило выделить несколько устойчивых зависимостей между уровнем цифровой интеграции и характером операционных изменений. На этой основе сформирована концептуальная модель оценки влияния цифрового двойника на операционную эффективность производственной системы.

Развитие промышленного производства сопровождается усложнением производственных систем и ростом требований к скорости управленческих решений. Традиционные подходы уже недостаточно эффективны в условиях высокой изменчивости спроса, расширения номенклатуры продукции и необходимости постоянного контроля технологических процессов. На этом фоне цифровой двойник постепенно перестаёт

быть отдельным инструментом моделирования и становится частью производственной архитектуры, интегрированной с оборудованием, информационными системами и потоками данных предприятия.

Первоначально цифровой двойник трактовался преимущественно как виртуальное отображение физического объекта. С развитием технологий Интернета вещей, методов машинного обучения и промышленной аналитики подход к цифровому моделированию заметно усложнился. В современных производственных системах цифровой двойник уже не ограничивается статичной моделью, а функционирует как динамическая среда, синхронизируемая с реальными процессами предприятия. За счёт этого становится возможным получение актуальной информации о состоянии оборудования, параметрах технологических операций и возникающих отклонениях практически в режиме реального времени [3; 4; 6].

Принципиальное отличие цифрового двойника от традиционных систем автоматизации связано с непрерывным двусторонним обменом данными между физическим объектом и его цифровой моделью. На рисунке 1 показано, что сведения от производственного оборудования через датчики и IoT-инфраструктуру поступают в аналитическую платформу, где выполняются обработка данных, моделирование и прогнозирование состояний системы. Результаты анализа и прогнозные сценарии затем передаются в цифровой двойник, поддерживая актуальность виртуальной модели по мере изменения производственной среды.

Рисунок 1 – Схема взаимодействия физического производственного объекта и цифрового двойника на основе IoT и аналитической платформы

В отличие от традиционных SCADA- и MES-систем, ориентированных главным образом на мониторинг и диспетчеризацию, цифровой двойник позволяет прогнозировать поведение производственной системы, оценивать последствия управленческих решений и проводить виртуальные испытания без вмешательства в реальный процесс. Особенно востребован подобный подход в дискретном производстве, где высокая взаимосвязь технологических операций делает систему чувствительной даже к локальным сбоям и задержкам [10].

Формирование цифрового двойника предполагает интеграцию нескольких технологических уровней. Нижний уровень включает датчики и промышленное оборудование, фиксирующие температуру, нагрузку, вибрацию, скорость обработки и другие параметры. Далее информация через коммуникационные протоколы передаётся в цифровую платформу, где выполняются обработка, хранение и моделирование данных. Верхний уровень составляют аналитические инструменты, прогнозные алгоритмы и системы поддержки принятия решений. При этом значение цифрового двойника определяется не столько объёмом накопленной информации, сколько возможностью выявлять скрытые взаимосвязи внутри производственной системы [9; 15].

Отдельное место занимает имитационное моделирование. В современных исследованиях цифровой двойник всё чаще рассматривается как среда анализа производственных сценариев. Виртуальное воспроизведение процессов позволяет моделировать изменение загрузки оборудования, перестройку производственных линий, корректировку маршрутов обработки и последствия отказов техники. За счёт этого часть ошибок удаётся выявлять ещё до внедрения изменений в реальное производство [4; 11].

В зарубежных работах акцент постепенно смещается от моделирования отдельных единиц оборудования к формированию комплексных цифровых экосистем предприятия. Наибольший эффект достигается не при цифровизации отдельного станка или участка, а при объединении цифровых двойников в общую информационную среду, охватывающую логистику, снабжение, производственное планирование и контроль качества [12; 14]. В результате меняется сама логика управления: решения принимаются на основе постоянно обновляемой модели состояния предприятия, а не периодической отчётности.

При этом высокая эффективность цифровых двойников не исключает серьёзных ограничений внедрения. Для российских промышленных предприятий характерны фрагментарность цифровой инфраструктуры, несовместимость информационных систем и дефицит достоверных производственных данных.

Дополнительные сложности обусловлены высокой стоимостью интеграции цифровых двойников, недостаточным уровнем подготовки персонала, а также зависимостью предприятий от устаревшего оборудования [1; 5]. На практике внедрение нередко ограничивается лишь визуализацией производственных процессов без перехода к интеллектуальному управлению, вследствие чего прикладной эффект технологии оказывается существенно ниже ожидаемого.

При этом сфера применения цифровых двойников продолжает расширяться практически во всех промышленных отраслях. Наиболее активно технология используется в условиях, где даже кратковременные простои оказывают заметное влияние на устойчивость производства и экономические показатели предприятия. Так, в добывающей промышленности цифровые двойники применяются для оптимизации режимов эксплуатации техники и повышения коэффициента готовности оборудования, напрямую связанного с финансовой результативностью предприятий [7].

В гибких производственных системах технология используется для адаптации производственных маршрутов к изменяющимся условиям и сокращения вероятности конфликтов между операциями [11; 13]. Постепенно цифровые двойники перестают выполнять исключительно функцию сопровождения процессов. Всё более заметным становится переход к саморегулируемым производственным системам, способным изменять параметры функционирования на основе накопленных данных и результатов прогнозного моделирования.

Операционная эффективность промышленного предприятия всё сильнее зависит не только от производительности оборудования, но и от скорости реакции системы на возникающие отклонения. При высокой взаимосвязанности технологических операций даже кратковременный сбой способен привести к цепочке последствий: нарушению графиков, росту объёма незавершённого производства, снижению загрузки оборудования и увеличению себестоимости продукции. В таких условиях цифровой двойник начинает выполнять функцию координационного механизма, поддерживающего согласованность производственных процессов на основе постоянно обновляемых данных.

Наиболее заметный эффект связан с сокращением простоев оборудования. Непрерывный мониторинг параметров работы позволяет выявлять отклонения ещё до возникновения отказа. Анализ вибрации, температуры, нагрузки и скорости обработки даёт возможность прогнозировать вероятность неисправности и корректировать режим эксплуатации без остановки производственного цикла. В результате меняется сам подход к техническому обслуживанию: вместо регламентного ремонта по графику используется обслуживание по фактическому состоянию оборудования. В ряде исследований фиксируется снижение незапланированных простоев на 20–30 %, а также рост коэффициента готовности оборудования после внедрения цифровых двойников [2; 9].

При этом масштаб эффекта напрямую связан с уровнем цифровой зрелости предприятия и глубиной интеграции производственных систем. Если цифровой двойник используется преимущественно как инструмент визуализации и диспетчерского контроля, сокращение простоев обычно ограничивается 8–12 %. В более интегрированных средах, где цифровой двойник связан с MES- и ERP-системами, результаты оказываются заметно выше: в отдельных случаях время производственных задержек сокращается на 25–35 %, а потери незавершённого производства — на 10–15 %.

Наиболее устойчивые результаты наблюдаются в системах с высокой плотностью операций и коротким производственным циклом. Здесь даже небольшое ускорение реакции на отклонения постепенно влияет на устойчивость всего производственного графика.

Практический эффект подобного подхода прослеживается и на уровне отдельных предприятий. На ряде машиностроительных производств Siemens цифровые двойники использовались для синхронизации оборудования, систем технического обслуживания и диспетчеризации производственных потоков. По данным отраслевых обзоров, применение непрерывного мониторинга и прогнозирования состояний оборудования позволило сократить количество внеплановых остановок и повысить устойчивость производственного расписания при изменении загрузки линий.

Схожие решения используются и в металлургической промышленности. На предприятиях, внедряющих цифровые двойники в контур управления технологическими процессами, основной эффект был связан не столько с автоматизацией отдельных операций, сколько с сокращением временного разрыва между возникновением отклонения и корректировкой параметров производственного цикла. В условиях высокой взаимозависимости операций это снижает чувствительность системы к локальным сбоям и уменьшает накопление незавершённого производства.

Одновременно меняется и характер производственного планирования. Традиционная диспетчеризация ориентирована на заранее сформированный график, который быстро теряет актуальность при изменении внешних и внутренних условий. Как показано на рисунке 2, цифровой двойник производственной линии обеспечивает непрерывный сбор параметров работы оборудования, включая данные о вибрации, температуре, нагрузке и скорости обработки. На основе анализа этих данных система выявляет отклонения, прогнозирует риск отказов и формирует альтернативные сценарии производственной загрузки.

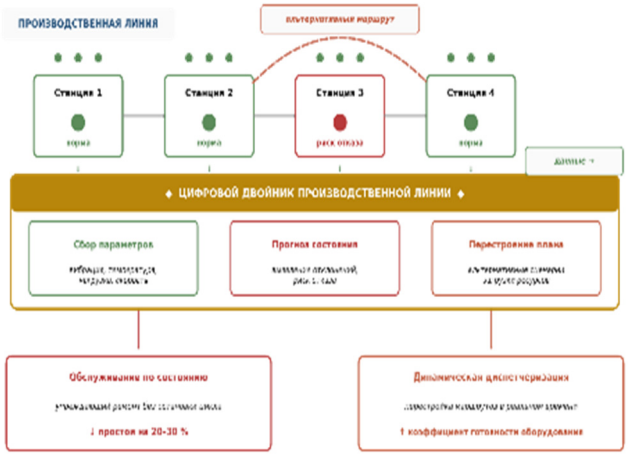


Рисунок 2 – Пример цифрового мониторинга и интеллектуального диспетчеризирования производственной линии на основе цифрового двойника

При возникновении задержек или риске отказа оборудования цифровой двойник позволяет оперативно изменять маршруты обработки и перераспределять производственные ресурсы без полной остановки технологического цикла. Благодаря этому повышается коэффициент готовности оборудования и уменьшается продолжительность незапланированных простоев. Подобный механизм особенно востребован в дискретном и мелкосерийном производстве, где высокая вариативность операций требует постоянной корректировки производственного расписания и ограничения влияния локальных сбоев на функционирование всей системы [10; 12].

Существенное влияние цифровые двойники оказывают и на эффективность использования материальных ресурсов. В условиях традиционного производства потери сырья нередко фиксируются уже после завершения технологической операции, когда возможности оперативного вмешательства минимальны. При внедрении цифрового двойника контроль параметров обработки и качества переносится непосредственно в производственный процесс. Это создаёт возможность выявлять отклонения на ранних этапах, сокращая объём брака и перерасход материалов. В исследованиях, посвящённых устойчивому производству, отмечается, что интеграция цифровых двойников с системами контроля качества способствует снижению объёма отходов и поддержанию стабильности технологических параметров [14].

Дополнительный эффект связан с повышением прозрачности производственной среды. Цифровой двойник объединяет данные оборудования, логистических процессов и производственного планирования в единую информационную модель, уменьшая временной интервал между возникновением проблемы и принятием управленческого решения. Особенно заметно это в системах с высокой плотностью операций, где даже локальное отклонение способно повлиять на всю производственную цепочку. Возможность предварительного моделирования различных сценариев снижает вероятность ошибочных решений и уменьшает затраты, связанные с проведением производственных экспериментов [4; 11].

В добывающих отраслях влияние цифровых двойников имеет собственную специфику. Здесь значение приобретают не только параметры оборудования, но и характеристики технологической среды: качество сырья, режимы транспортировки, степень износа техники, изменение геологических условий. Использование цифровых двойников позволяет синхронизировать процессы добычи, переработки и транспортировки ресурсов, обеспечивая более устойчивую работу производственного комплекса. Эмпирические исследования фиксируют рост EBITDA после внедрения цифровых двойников, связанный как с увеличением объёмов товарной продукции, так и со снижением эксплуатационных затрат [7].

Постепенно технологический эффект цифровых двойников выходит за пределы отдельных операций. При глубокой интеграции цифровой модели в производственную инфраструктуру возникает возможность самоадаптации системы к изменяющимся условиям. Производственный процесс начинает функционировать не как набор статичных операций, а как динамическая среда, способная изменять параметры работы на основе накопленных данных и прогнозируемых состояний оборудования.

Одновременно возрастает зависимость эффективности цифрового двойника от качества исходной информации. Фрагментированная цифровая инфраструктура, задержки передачи данных и несовместимость информационных систем могут существенно снижать точность прогнозирования. Поэтому наибольший эффект достигается не при локальной цифровизации отдельных участков, а при комплексной интеграции производственных, аналитических и управленческих контуров предприятия [1; 5; 13]. Постепенно становится очевидно, что цифровой двойник влияет не только на производительность оборудования, но и на устойчивость всей производственной системы, меняя саму логику промышленного управления.

Расширение применения цифровых двойников постепенно выявило проблему, которая в ранних исследованиях практически не рассматривалась: наличие цифровой модели само по себе ещё не гарантирует повышения эффективности производства. На практике предприятия получают различающиеся результаты даже при использовании схожих технологий. В одних случаях наблюдается устойчивое снижение простоев и рост производительности, в других цифровой двойник остаётся лишь инструментом визуализации, почти не влияющим на производственные показатели. Это указывает на необходимость оценки не только самого факта внедрения технологии, но и степени её интеграции в систему управления предприятием.

Причины подобных различий не всегда носят технический характер. Нередко производственная инфраструктура формально уже цифровизирована, однако управленческие процедуры продолжают строиться по инерционной модели — с большим количеством ручных согласований и задержками передачи информации между подразделениями.

Существующие подходы обычно сосредоточены либо на технических характеристиках цифровых двойников, либо на отдельных экономических результатах их применения. Между тем операционная эффективность формируется значительно сложнее: на неё влияют скорость передачи данных, качество аналитики, способность производственной системы адаптироваться к изменениям и глубина включения цифрового двойника в управленческий контур предприятия. Поэтому возникает необходимость перехода от оценки отдельных показателей к анализу взаимосвязи между цифровой зрелостью предприятия и характером производственных изменений.

В рамках исследования предлагается концептуальная модель, в которой влияние цифрового двойника рассматривается как многоуровневый процесс преобразования данных в операционное решение. Первый уровень связан с непрерывным сбором информации о состоянии оборудования, параметрах технологических процессов и степени загрузки ресурсов. На следующем уровне осуществляется аналитическая обработка данных: выявляются отклонения, формируются прогнозы отказов, моделируются возможные производственные сценарии. Третий уровень затрагивает автоматизацию либо поддержку управленческих решений, связанных с производственным планированием, техническим обслуживанием и распределением ресурсов. В подобных условиях эффективность цифрового двойника определяется уже не столько количеством датчиков или сложностью модели, сколько скоростью прохождения информации между уровнями системы.

При низком уровне цифровой зрелости предприятия цифровой двойник обычно используется преимущественно как инструмент мониторинга и накопления данных. Производственные решения при этом сохраняют преимущественно ручной характер, поэтому влияние цифровой модели на операционную эффективность остаётся ограниченным. Средний уровень зрелости предполагает интеграцию цифрового двойника с MES-, ERP- и аналитическими платформами, что позволяет уменьшать простои и повышать точность производственного планирования. Наиболее высокий уровень связан с формированием самоадаптивной производственной среды, в которой цифровой двойник способен инициировать корректировку параметров работы без длительного участия человека. В результате меняется сама логика управления: акцент переносится с устранения последствий на прогнозирование и предупреждение событий.

Особое значение в таких системах приобретает фактор времени. В традиционном производстве между появлением отклонения и управленческой реакцией существует временной лаг, в пределах которого постепенно накапливаются потери. Использование цифрового двойника позволяет сократить этот интервал за счёт непрерывного анализа производственной среды. Чем выше скорость обработки информации и точность

прогнозирования, тем устойчивее оказывается производственная система. Операционная эффективность в этих условиях начинает зависеть не только от производительности оборудования, но и от способности предприятия быстро перестраивать процессы при изменении внутренних и внешних факторов.

Наиболее заметно подобный эффект проявляется в гибких и высоковариативных производствах. Исследования в области интеллектуального диспетчеризирования показывают, что применение цифровых двойников повышает устойчивость производственных графиков при изменении заказов и уровня загрузки оборудования [12; 15]. В дискретном производстве цифровые модели обеспечивают согласование операций между отдельными участками, снижая вероятность накопления незавершённого производства и конфликтов ресурсов [10]. Для добывающих отраслей ключевым результатом становится стабилизация производственных потоков и повышение коэффициента использования техники [7].

Одновременно возрастает роль организационных факторов. Эффективность цифрового двойника определяется не только технической инфраструктурой, но и готовностью предприятия к изменению управленческой логики. При отсутствии подготовленного персонала, единой системы данных и механизмов интеграции цифровой двойник начинает существовать изолированно от производственных процессов. В таком случае технология формирует дополнительный поток информации, но не обеспечивает полноценного управленческого эффекта [1; 2].

Перспективы дальнейшего развития цифровых двойников связаны с переходом к self-learning systems — самообучающимся производственным системам, способным изменять собственные параметры на основе накопленных данных и результатов предыдущих производственных циклов. Интеграция цифровых двойников с промышленным искусственным интеллектом постепенно создаёт предпосылки для появления автономных производственных экосистем, где управление будет строиться на непрерывном прогнозировании, моделировании и автоматической адаптации процессов. В этих условиях цифровой двойник перестаёт быть вспомогательным инструментом цифровизации и становится центральным элементом операционного управления промышленным предприятием [9; 13; 14].

Проведённое исследование показало, что влияние цифровых двойников на операционную эффективность определяется не самим фактом внедрения технологии, а глубиной её интеграции в систему управления предприятием. Наибольший эффект достигается при объединении производственных данных, аналитических алгоритмов и механизмов оперативного принятия решений в единую цифровую среду.

Результаты исследования показывают, что влияние цифровых двойников проявляется неравномерно и зависит от архитектуры производственной среды. На предприятиях с фрагментированной цифровой инфраструктурой эффект часто ограничивается повышением прозрачности процессов и ускорением мониторинга. Более существенные изменения возникают при интеграции цифрового двойника в производственное планирование, техническое обслуживание и распределение ресурсов.

В этом случае цифровая модель начинает воздействовать не только на отдельные операции, но и на устойчивость производственного контура в целом. Снижается чувствительность системы к локальным отказам, сокращается объём незапланированных простоев, быстрее корректируются производственные маршруты при изменении загрузки оборудования.

Исследование также показало, что цифровой двойник постепенно трансформируется из инструмента мониторинга в механизм предиктивного управления производственными процессами. При высокой цифровой зрелости предприятия происходит переход к самоадаптивной модели управления, в которой производственная система способна корректировать параметры работы на основе непрерывного анализа данных и прогнозирования возможных отклонений.

Предложенная концептуальная модель позволяет рассматривать операционную эффективность как результат взаимосвязи между скоростью обработки производственной информации, качеством аналитики и уровнем автоматизации управленческих решений. Это формирует основу для дальнейшего развития интеллектуальных производственных систем и автономных цифровых экосистем в промышленности.

В рамках модели операционная эффективность оценивается по нескольким группам показателей:

- коэффициент готовности оборудования;
- среднее время незапланированного простоя;
- устойчивость производственного графика;
- уровень незавершённого производства;
- точность производственного планирования;
- скорость реакции системы на производственные отклонения.

Такой подход позволяет анализировать влияние цифрового двойника не только на отдельные технологические операции, но и на устойчивость производственной системы в целом.

Литература

1. Гостева О. В., Пацук О. В. Особенности применения цифровых двойников на российских промышленных предприятиях // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 8 (134). С. 41.
2. Измайлов М. К. Цифровые двойники как инструмент повышения эффективности эксплуатации основных средств в промышленности // Beneficium. 2025. № 1 (54). С. 102–111. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.1(54).102-111.
3. Коровин Г. Б. Возможности применения цифровых двойников в промышленности // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 8. С. 124–133.
4. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л. Разработка цифровых двойников для производственных предприятий // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13, № 4. С. 7–16.
5. Подборнова Е. С. Влияние цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2024. Т. 15, № 4. С. 177–186. DOI: 10.18287/2542-0461-2024-15-4-177-186.
6. Попова Е. В., Никифоров Д. И. Процесс цифровизации производства. Использование технологии цифровых двойников в промышленности // Экономика строительства. 2020. № 4 (64). С. 52–58.
7. Свадковский В. А. Применение цифровых двойников для повышения операционной эффективности предприятий добывающих отраслей // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2023. Т. 14, № 3. С. 292–311. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-292-311.
8. Сосфенов Д. А. Цифровой двойник как инструмент оптимизации производственных процессов // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. С. 149–153.
9. Fantozzi I. C., Santolamazza A., Loy G., Schiraldi M. M. Digital twins: strategic guide to utilize digital twins to improve operational efficiency in Industry 4.0 // Future Internet. 2025. Vol. 17, No. 1. P. 41. DOI: 10.3390/fi17010041.
10. Feng X., Wan J. Digital twins for discrete manufacturing lines: a review // Big Data and Cognitive Computing. 2024. Vol. 8, No. 5. P. 45. DOI: 10.3390/bdcc8050045.
11. Florescu A. Digital twin for flexible manufacturing systems and optimization through simulation: a case study // Machines. 2024. Vol. 12, No. 11. P. 785. DOI: 10.3390/machines12110785.
12. Grznár P., Papánek L., Marčan M., Krajčovič M., Antoniuk I., Mozol Š., Mozolová L. Enhancing production efficiency through digital twin simulation scheduling // Applied Sciences. 2025. Vol. 15, No. 7. P. 3637. DOI: 10.3390/app15073637.
13. Khan M. Q., Alvi M. A. H., Nawaz H. H., Umar M. Impact of digital twins on real practices in manufacturing industries // Inventions. 2025. Vol. 10, No. 6. P. 106. DOI: 10.3390/inventions10060106.
14. Resman M., Herakovič N., Debevec M. Integrating digital twin technology to achieve higher operational efficiency and sustainability in manufacturing systems // Systems. 2025. Vol. 13, No. 3. P. 180. DOI: 10.3390/systems13030180.
15. Yang J., Zheng Y., Wu J., Wang Y., He J., Tang L. Enhancing manufacturing excellence with digital-twin-enabled operational monitoring and intelligent scheduling // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 15. P. 6622. DOI: 10.3390/app14156622.

The impact of digital twins on the operational efficiency of industrial production systems

Bulygina A.V.
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article examines the impact of digital twins on the operational efficiency of industrial production systems. It explores theoretical approaches to defining a digital twin, the specifics of its integration into production infrastructure, and the mechanisms for its interaction with industrial information systems. The main areas of influence of digital twins on production processes are identified, including reduced equipment downtime, improved planning accuracy, optimized resource utilization, and reduced production losses. A conceptual model for assessing the impact of a digital twin on an enterprise's operational efficiency is proposed, based on the interrelationship between data processing speed, the system's analytical capabilities, and the level of automation in management decisions. It is concluded that the digital twin is transforming from a monitoring tool into an element of predictive and self-adaptive production management, ensuring the sustainability, flexibility, competitiveness, and technological adaptability of enterprises of the future.

Keywords: digital twin, industry, operational efficiency, production systems, digitalization, predictive management, smart manufacturing, Industry 4.0.

References

1. Gosteva, O. V., Patsuk, O. V. “Features of Digital Twin Applications at Russian Industrial Enterprises” // International Research Journal. 2023, No. 8 (134). P. 41.
2. Izmailov, M. K. “Digital Twins as a Tool for Improving the Efficiency of Fixed Assets Operation in Industry” // Beneficium. 2025, No. 1 (54). P. 102–111. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.1(54).102-111.
3. Korovina, G. B. “Possibilities of Digital Twin Applications in Industry” // Bulletin of the Transbaikal State University. 2021, Vol. 27, No. 8. P. 124–133.
4. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L. Development of digital twins for manufacturing enterprises // Business Informatics. 2019. Vol. 13, No. 4, pp. 7–16.
5. Podbornova E. S. The impact of digital twins on the optimization of business processes of industrial enterprises // Bulletin of Samara University. Economics and Management. 2024. Vol. 15, No. 4, pp. 177–186. DOI: 10.18287/2542-0461-2024-15-4-177-186.
6. Popova E. V., Nikiforov D. I. The process of digitalization of production. Use of digital twin technology in industry // Construction Economics. 2020. No. 4 (64). Pp. 52–58.
7. Svadkovsky V. A. Application of Digital Twins to Improve the Operational Efficiency of Extractive Industries Enterprises // Strategic Decisions and Risk Management. 2023. Vol. 14, No. 3. Pp. 292–311. DOI: 10.17747/2618-947X-2023-3-292-311.
8. Sosfenov D. A. Digital Twin as a Tool for Optimizing Production Processes // Innovations and Investments. 2023. No. 5. Pp. 149–153.
9. Fantozzi I. C., Santolamazza A., Loy G., Schiraldi M. M. Digital twins: strategic guide to utilize digital twins to improve operational efficiency in Industry 4.0 // Future Internet. 2025. Vol. 17, No. 1. P. 41. DOI: 10.3390/fi17010041.
10. Feng X., Wan J. Digital twins for discrete manufacturing lines: a re-view // Big Data and Cognitive Computing. 2024. Vol. 8, No. 5. P. 45. DOI: 10.3390/bdcc8050045.
11. Florescu A. Digital twin for flexible manufacturing systems and optimization through simulation: a case study // Machines. 2024. Vol. 12, No. 11. P. 785. DOI: 10.3390/machines12110785.
12. Grznár P., Papánek L., Marčan M., Krajčovič M., Antoniuk I., Mozol Š., Mozolová L. Enhancing production efficiency through digital twin simulation scheduling // Applied Sciences. 2025. Vol. 15, No. 7. P. 3637. DOI: 10.3390/app15073637.
13. Khan M. Q., Alvi M. A. H., Nawaz H. H., Umar M. Impact of digital twins on real practices in manufacturing industries // Inventions. 2025. Vol. 10, No. 6. P. 106. DOI: 10.3390/inventions10060106.
14. Resman M., Herakovič N., Debevec M. Integrating digital twin technology to achieve higher operational efficiency and sustainability in manufacturing systems // Systems. 2025. Vol. 13, No. 3. P. 180. DOI: 10.3390/systems13030180.
15. Yang J., Zheng Y., Wu J., Wang Y., He J., Tang L. Enhancing manu-facturing excellence with digital-twin-enabled operational monitoring and intelligent scheduling // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 15. P. 6622. DOI: 10.3390/app14156622.

Трансформация образовательной среды в новых условиях обучения: влияние искусственного интеллекта на цифровизацию образования

Гармашук Эдуард Эдуардович
аспирант, Московская международная академия, ed.garmashuk@mail.ru

В статье рассматривается трансформация образовательной среды под влиянием цифровизации и распространения технологий искусственного интеллекта. Показано, что ИИ меняет роль преподавателя, характер самостоятельной работы обучающихся, формы контроля знаний и требования к академической честности. На основе анализа научных публикаций 2025–2026 гг., российских и зарубежных опросов выявлены как положительные эффекты применения ИИ, так и связанные с ним риски. Обосновано, что наиболее продуктивной является регулируемая модель использования ИИ, при которой технология выступает инструментом поддержки обучения, но не заменяет самостоятельное мышление и авторскую позицию обучающегося.
Ключевые слова: образовательная среда, цифровизация образования, искусственный интеллект, генеративный ИИ, самостоятельная работа, академическая честность, персонализация обучения.

Введение

Современная образовательная среда меняется за счет перестройки самой логики учебного взаимодействия. Цифровые платформы, дистанционные форматы и электронные ресурсы первоначально выполняли преимущественно организационную функцию, обеспечивали доступ к материалам, связь между участниками обучения и фиксацию результатов. Распространение искусственного интеллекта переводит цифровизацию на иной уровень, поскольку ИИ уже способен участвовать в создании учебного содержания, объяснении материала, подборе заданий, проверке текстов и сопровождении самостоятельной работы.

Актуальность исследования определяется тем, что ИИ становится не внешним вспомогательным сервисом, а фактором изменения образовательной среды: он влияет на способы получения знаний, характер самостоятельной работы, функции преподавателя и критерии оценки учебного результата.

В этих условиях проявляется ключевое противоречие трансформации образовательной среды:

1. *Развивающий потенциал ИИ* - искусственный интеллект расширяет возможности индивидуализации обучения, ускоряет обратную связь и снижает рутинную нагрузку преподавателя.
2. *Риск подмены учебной деятельности* - при отсутствии четких правил ИИ может использоваться не для освоения материала, а для получения готового текста, решения или вывода без самостоятельного анализа, аргументации и работы с источниками.

Проблема исследования состоит в необходимости определить границы педагогически допустимого использования ИИ: где он усиливает образовательный процесс, а где начинает разрушать его ключевую цель - развитие самостоятельного мышления, ответственности и авторской позиции обучающегося.

Цель статьи - выявить основные направления трансформации образовательной среды под влиянием искусственного интеллекта и определить условия его педагогически оправданного применения.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования выступили научные публикации 2025–2026 гг., аналитические отчеты и данные российских и зарубежных опросов, отражающие практики использования искусственного интеллекта обучающимися, преподавателями и образовательными организациями.

В работе применялись методы анализа научной литературы, сравнительного анализа позиций исследователей, обобщения эмпирических данных и табличной систематизации показателей, что позволило выявить основные направления трансформации образовательной среды под влиянием ИИ.

Результаты исследования

Результаты анализа показывают, что современная образовательная среда переходит от модели простой цифровой поддержки обучения к модели интеллектуально насыщенной среды. На первом этапе цифровизация выражалась преимущественно во внедрении электронных журналов, образовательных платформ, онлайн-курсов, цифровых библиотек, дистанционных форм коммуникации и автоматизированных систем тестирования.

С появлением генеративного искусственного интеллекта цифровизация образования приобрела новое содержание. ИИ стал выполнять функцию соучастия в создании образовательного контента, в частности, он формирует объяснения, предлагает варианты решения задач, генерирует тексты, тесты, презентации, планы и учебные кейсы, а также помогает анализировать источники и выстраивать индивидуальную траекторию работы обучающегося. Е. С. Руденко и С. А. Турянская отмечают, что генеративный ИИ создает возможности для персонализации обучения и автоматизации рутинных педагогических задач, однако его применение требует этических и методических ограничений [6].

Для систематизации указанных изменений целесообразно выделить несколько этапов цифровой трансформации образовательной среды (см. табл.1).

Таблица 1

Основные этапы цифровой трансформации образовательной среды

Этап трансформации	Основные инструменты	Характер влияния на обучение
Электронная цифровизация	электронные журналы, LMS, цифровые библиотеки, онлайн-курсы	обеспечивает доступ к материалам и фиксацию учебных результатов
Дистанционная модель	видеоконференции, онлайн-занятия, электронные задания	переносит обучение за пределы аудитории, усиливает гибкость образовательного процесса
Автоматизированная модель	тестовые системы, антиплагиат, электронная аналитика	ускоряет проверку, но сохраняет преимущественно формальный контроль
ИИ-ориентированная модель	генеративные нейросети, ИИ-тьюторы, автоматическая обратная связь, адаптивные задания	меняет содержание самостоятельной работы, роль преподавателя и способы оценки результата

Источник: составлено автором

Анализ российских и зарубежных исследований позволяет выделить несколько устойчивых направлений влияния ИИ на образовательную среду.

Первое направление связано с персонализацией обучения. ИИ помогает адаптировать объяснение материала к уровню обучающегося, предлагать разные форматы подачи информации и быстрее восполнять индивидуальные пробелы. В исследованиях отмечается, что ИИ-инструменты позволяют студенту двигаться в собственном темпе, фокусироваться на слабых местах и получать более оперативную обратную связь [1].

Второе направление касается изменения самостоятельной работы. Если ранее она строилась вокруг поиска источников, чтения, конспектирования и самостоятельного написания текста, то теперь часть операций может выполняться с участием ИИ (подбор идей, структурирование материала, первичная редактура, перевод, подготовка презентации или программного кода). По данным исследования Ассоциации организаторов студенческих олимпиад «Я - профессионал», в 2025 г. нейросетями пользовались 85% российских студентов, 77% применяли их для поиска информации, 43% - для написания эссе, рефератов, курсовых и дипломных работ, 24% - для создания презентаций, 22% - для написания программного кода [4].

Третье направление связано с трансформацией роли преподавателя. По данным исследования ИТМО, Яндекс Образования и Yandex Cloud 2026 г., 66% преподавателей и исследователей российских вузов регулярно используют ИИ, 84% отмечают ускорение исследовательских процедур, 58% - упрощение подготовки материалов к занятиям, 52% - генерацию заданий, кейсов и тестов, 45% - подготовку презентаций и визуальных материалов [7]. Следовательно, ИИ меняет не только учебную деятельность обучающихся, но и профессиональные функции преподавателя.

Одновременно распространение ИИ требует пересмотра контроля знаний. Традиционные письменные работы, рефераты и домашние задания уже не всегда позволяют достоверно оценить самостоятельный вклад обучающегося, поскольку могут быть частично или полностью подготовлены с помощью генеративных моделей [2]. Положительный потенциал ИИ связан прежде всего с его использованием как инструмента обучения, к примеру, он может ускорять обратную связь, объяснять ошибки, предлагать дополнительные источники, сравнивать позиции авторов и проверять логику текста [5]. Однако этот потенциал реализуется только при наличии правил, разграничивающих помощь в освоении материала и подмену учебной деятельности.

Критические позиции исследователей связаны именно с рисками неконтролируемого применения ИИ.

Основные угрозы состоят в снижении самостоятельности мышления, росте академической недобросовестности, недостоверности ИИ-ответов, нормативной неопределенности и цифровом неравенстве. Генеративные модели могут создавать внешне убедительный, но фактически ошибочный текст, поэтому в исследовании ИТМО, Яндекс Образования и Yandex Cloud подчеркивается, что за человеком должны сохраняться верификация источников, изучение оригинальных материалов и интерпретация результатов [7]. Сходную проблему фиксирует отчет Microsoft, где отмечено, что 45% преподавателей в мире и 52% студентов в США не проходили обучение по использованию ИИ, несмотря на рост применения генеративных технологий в образовании [8].

Зарубежные данные также показывают, что образовательные организации постепенно переходят от стихийного применения ИИ к разработке регламентов. По данным UNESCO, почти две трети организаций высшего образования уже имеют или разрабатывают рекомендации по использованию ИИ, а 9 из 10 участников опроса из 90 стран применяют ИИ-инструменты в профессиональной деятельности, что подтверждает разрыв между массовым распространением технологии и еще формирующимися методическими, этическими и оценочными правилами ее использования [9].

Для наглядного сопоставления эмпирических данных целесообразно представить ключевые показатели использования и восприятия ИИ в образовании в графической форме. Рисунок 1 показывает, что наиболее высокие значения связаны с фактическим применением ИИ студентами и преподавателями, тогда как более низкие показатели отражают осторожное отношение общества к использованию ИИ в школьном обучении.

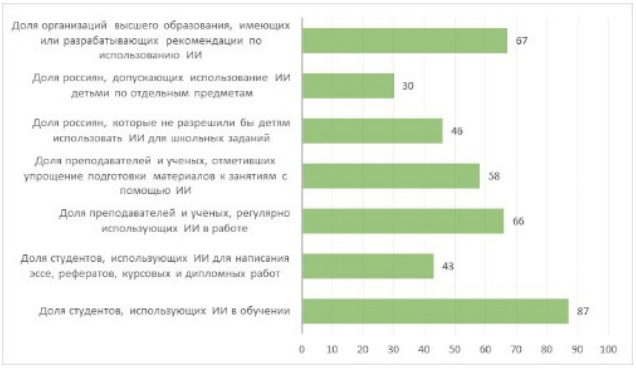


Рис. 1. Количественные показатели использования и восприятия ИИ в образовании
Источник: составлено автором на основе: [2-4], [7], [9].

Представленные данные показывают, что ИИ уже не является экспериментальной практикой, он массово используется студентами и преподавателями, прежде всего в тех видах деятельности, которые ранее считались показателями самостоятельной работы - поиске информации, подготовке текстов, презентаций, заданий и тестов. При этом общественное восприятие ИИ остается неоднозначным, по данным ВЦИОМ «Искусственный интеллект в школе: добро или зло?»46% россиян не разрешили бы детям использовать ИИ для школьных заданий, 30% допускают его применение по отдельным предметам, 10% фиксируют факт использования ИИ детьми, а среди ключевых рисков называются снижение умственной нагрузки - 36%, отсутствие живого общения - 31% и падение мотивации к обучению - 27% [3]. Следовательно, родительская и общественная тревожность связана не столько с самой технологией, сколько с риском утраты самостоятельного учебного усилия, поэтому применение ИИ должно быть не запрещено полностью, а педагогически ограничено и прозрачно.

Обсуждение результатов

Полученные результаты показывают, что крайние модели использования ИИ в образовании являются неэффективными. Полный запрет мало реалистичен, поскольку обучающиеся уже применяют нейросетевые инструменты вне прямого контроля образовательной организации, в результате запрет не устраняет ИИ, а переводит его использование в скрытую форму и снижает прозрачность учебной деятельности.

Свободное применение ИИ без методических ограничений также несет риски, поскольку технология может начать заменять самостоятельную учебную работу. В этом случае обучающийся получает готовый текст, решение или аргументацию без анализа источников, формулирования позиции и проверки выводов, что усиливает формальный характер обучения и повышает риск нарушения академической честности.

Авторская позиция состоит в том, что оптимальной является регулируемая модель интеграции ИИ, при которой искусственный интеллект используется как инструмент объяснения, тренировки, поиска и самопроверки, но не подменяет самостоятельное мышление, аргументацию и авторский вывод обучающегося. Главным критерием допустимости ИИ является сохранение самостоятельной работы - технология может помогать искать, объяснять и проверять, но не должна создавать итоговый результат вместо обучающегося.

Заключение

Искусственный интеллект стал новым этапом цифровизации образования, поскольку он не только расширяет доступ к учебной информации, но и меняет роль преподавателя, содержание самостоятельной работы, формы контроля знаний и характер взаимодействия в образовательной среде.

Проведенный анализ показывает, что ИИ уже массово используется обучающимися и преподавателями, поэтому наиболее обоснованной является регулируемая модель его применения, при которой технология помогает обучению.

Литература

1. Грибова, М. Искусственный интеллект пошел в вузы: новая ключевая компетенция преподавателей и студентов / М. Грибова // Коммерсантъ. — 2026. — 22 апреля. — URL: https://www.kommersant.ru/doc/8605325 (дата обращения: 25.04.2026).
2. ИИ в образовании: как преодолеть соблазн готовых решений // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». — 2025. — 22 апреля. — URL: https://www.hse.ru/news/edu/1038459152.html (дата обращения: 25.04.2026).
3. Искусственный интеллект в школе: добро или зло? // ВЦИОМ. — 2025. — 2 апреля. — URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/iskusstvennyi-intellekt-v-shkole-dobro-ili-zlo (дата обращения: 25.04.2026).
4. Мухаметшина, Е. 43% студентов используют искусственный интеллект для написания курсовых работ / Е. Мухаметшина // Ведомости. — 2025. — 31 марта. — URL: https://www.vedomosti.ru/society/articles/2025/03/31/1101211-iskusstvennii-intellekt-dlya-napisaniya-kursovih-rabot (дата обращения: 25.04.2026).
5. Пустовойтов, В. Н. Искусственный интеллект в образовании: риски некорректного использования / В. Н. Пустовойтов, Е. В. Дубицкая, А. В. Шлома // Современные наукоемкие технологии. — 2025. — № 8. — С. 109–113. — DOI: 10.17513/snt.40471.
6. Руденко, Е. С. Генеративный искусственный интеллект для преподавателя: стратегии, инструменты, этика / Е. С. Руденко, С. А. Турянская // Педагогическая перспектива. — 2025. — № 3 (19). — С. 20–32. — DOI: 10.55523/27822559_2025_3(19) _20.
7. 66% преподавателей и учёных в России используют ИИ в работе — исследование ИТМО и Яндекс Образования // Яндекс Образование. — 2026. — 10 марта. — URL: https://education.yandex.ru/research/ai-v-universitetah-rossii-issledovanie-2026 (дата обращения: 25.04.2026).
8. AI in Education Report: Insights to support teaching and learning // Microsoft Education Blog. — 2025. — URL: https://www.microsoft.com/en-us/education/blog/2025/08/ai-in-education-report-insights-to-support-teaching-and-learning/ (дата обращения: 23.04.2026).
9. UNESCO survey: Two-thirds of higher education institutions have or are developing guidance on AI use // UNESCO. — 2025. — 2 September. — URL: https://www.unesco.org/en/articles/unesco-survey-two-thirds-higher-education-institutions-have-or-are-developing-guidance-ai-use (дата обращения: 24.04.2026).

Transformation of the educational environment in the new learning conditions: the impact of artificial intelligence on the digitalization of education

Garmashuk E.E.

Moscow International Academy, Private Educational Institution of Higher Education

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article examines the transformation of the educational environment under the influence of digitalization and the proliferation of artificial intelligence technologies. It is shown that AI is changing the role of the teacher, the nature of students' independent work, forms of knowledge assessment, and academic integrity requirements. Based on an analysis of scientific publications from 2025–2026, as well as Russian and international surveys, both the positive effects of AI application and its associated risks are identified. The author argues that a regulated model of AI use is most productive, where the technology serves as a learning support tool but does not replace independent thinking or the student's original perspective.

Keywords: educational environment, digitalization of education, artificial intelligence, generative AI, independent work, academic integrity, personalization of learning.

References

1. Gribova, M. Artificial Intelligence Has Entered Universities: A New Key Competency for Teachers and Students / M. Gribova // Kommersant. — 2026. — April 22. — URL: https://www.kommersant.ru/doc/8605325 (date of access: 25.04.2026).
2. AI in Education: How to Overcome the Temptation of Ready-Made Solutions // National Research University Higher School of Economics. — 2025. — April 22. — URL: https://www.hse.ru/news/edu/1038459152.html (date of access: 25.04.2026).
3. Artificial Intelligence in School: Good or Evil? // VTsIOM. — 2025. — April 2. — URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/iskusstvennyi-intellekt-v-shkole-dobro-ili-zlo (date of access: 04/25/2026).
4. Mukhametshina, E. 43% of students use artificial intelligence to write coursework / E. Mukhametshina // Vedomosti. — 2025. — March 31. — URL: https://www.vedomosti.ru/society/articles/2025/03/31/1101211-iskusstvennii-intellekt-dlya-napisaniya-kursovih-rabot (access date: 04/25/2026).
5. Pustovoitov, V. N. Artificial Intelligence in Education: Risks of Incorrect Use / V. N. Pustovoitov, E. V. Dubitskaya, A. V. Shloma // Modern Science-Intensive Technologies. - 2025. - No. 8. - Pp. 109-113. - DOI: 10.17513/snt.40471.
6. Rudenko, E. S. Generative Artificial Intelligence for Teachers: Strategies, Tools, Ethics / E. S. Rudenko, S. A. Turyanskaya // Pedagogical Perspective. - 2025. - No. 3 (19). - Pp. 20-32. - DOI: 10.55523/27822559_2025_3(19) _20.
7. 66% of teachers and scientists in Russia use AI in their work — a study by ITMO University and Yandex Education // Yandex Education. — 2026. — March 10. — URL: https://education.yandex.ru/research/ai-v-universitetah-rossii-issledovanie-2026 (date of access: April 25, 2026).
8. AI in Education Report: Insights to support teaching and learning // Microsoft Education Blog. — 2025. — URL: https://www.microsoft.com/en-us/education/blog/2025/08/ai-in-education-report-insights-to-support-teaching-and-learning/ (date of access: April 23, 2026).
9. UNESCO survey: Two-thirds of higher education institutions have or are developing guidance on AI use // UNESCO. — 2025. — 2 September. — URL: https://www.unesco.org/en/articles/unesco-survey-two-thirds-higher-education-institutions-have-or-are-developing-guidance-ai-use (accessed: 24.04.2026).

Проблема цифровизации управленческих бизнес-процессов организации

Гладышев Иван Дмитриевич
аспирант, Московская международная академия, gladishev.vania@yandex.ru

В статье рассматривается проблема цифровизации управленческих бизнес-процессов организации в условиях усиления технологической динамики, роста требований к скорости принятия решений и необходимости повышения прозрачности управленческого контура. Обосновано, что цифровизация не может сводиться только к внедрению отдельных информационных систем, поскольку ее результативность определяется степенью согласованности цифровых решений с целями организации, процессной моделью, системой ответственности, качеством данных и механизмами управленческого контроля. Особое внимание уделено противоречию между технической доступностью цифровых инструментов и недостаточной организационно-методической готовностью предприятий к их применению. Показано, что фрагментарная автоматизация отдельных функций не обеспечивает устойчивого повышения эффективности, если не сопровождается описанием сквозных бизнес-процессов, формализацией KPI, регламентацией информационных потоков и закреплением владельцев процессов. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода к цифровизации управленческих бизнес-процессов, предполагающего интеграцию процессного управления, аналитики данных, цифровой инфраструктуры и организационных изменений.

Ключевые слова: цифровизация, бизнес-процессы, управление организацией, цифровая трансформация, процессный подход, управленческие решения, цифровые технологии, оптимизация бизнес-процессов.

Теоретическое осмысление проблемы цифровизации управленческих бизнес-процессов организации требует разграничения нескольких близких, но не тождественных понятий: оцифровки, автоматизации, цифровизации и цифровой трансформации. В научной и прикладной литературе эти категории нередко употребляются как взаимозаменяемые, что приводит к методологической неопределенности при анализе управленческих изменений. Оцифровка в узком смысле связана с переводом информации, документов и отдельных операций в цифровую форму. Автоматизация предполагает передачу части операций информационным системам, алгоритмам и программным комплексам. Цифровизация имеет более широкий управленческий смысл, поскольку затрагивает не только технический способ выполнения операций, но и порядок взаимодействия подразделений, систему принятия решений, контроль исполнения, качество данных и распределение ответственности. Цифровая трансформация, в свою очередь, означает изменение логики функционирования организации под влиянием цифровых технологий, когда перестраиваются не отдельные операции, а сама модель управления, коммуникаций и создания ценности.

Статистические данные НИУ ВШЭ подтверждают, что цифровизация в организациях распределяется неравномерно по различным видам бизнес-процессов. По результатам обследования более 4 тыс. организаций 10 отраслей экономики, проведенного в июне-июле 2023 г., наиболее часто цифровые технологии применяются в производстве продуктов и услуг, тогда как стратегическое планирование и управление остаются одной из наименее цифровизированных сфер деятельности [11]. Использование цифровых технологий в бизнес-процессах организаций представлено в таблице 1.

Таблица 1
Использование цифровых технологий в бизнес-процессах организаций

Вид бизнес-процесса	Доля организаций, использующих цифровые технологии, %
Производство продуктов и услуг	50,5
Разработка продуктов и услуг	28,6
Продажи, доставка продуктов, постпродажное обслуживание	26,2
Администрирование	22,7
Логистика	19,6
Маркетинг и реклама	17,7
Закупки, взаимодействие с поставщиками и подрядчиками	16,4
Стратегическое планирование и управление	15,2

(Составлено автором по данным НИУ ВШЭ, Мониторинг цифровой трансформации бизнеса, выпуск 1, 2024. В обследовании участвовало более 4 тыс. организаций 10 отраслей экономики; показатели приведены в процентах от числа организаций, использующих соответствующие цифровые технологии)

Представленные данные позволяют сделать вывод о том, что цифровизация российских организаций пока имеет преимущественно операционный характер. Наиболее высокий показатель относится к производству продуктов и услуг, где цифровые технологии применяются у 50,5% организаций, использующих соответствующие решения. Значительно ниже показатели по продажам, логистике, маркетингу, закупкам и особенно стратегическому планированию и управлению. Последний показатель составляет только 15,2%, что указывает на недостаточную включенность цифровых решений в управленческий контур организации. Следовательно, основная проблема цифровизации управленческих бизнес-процессов состоит не только в наличии или отсутствии цифровых технологий, но и в том, что они чаще внедряются на уровне отдельных операций, тогда как процессы планирования, координации, контроля и принятия управленческих решений остаются менее охваченными цифровыми инструментами.

Для темы управленческих бизнес-процессов принципиально важно, что цифровизация не может быть сведена к покупке программного продукта или внедрению отдельной информационной системы. Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник и М. С. Фролов показывают, что в российских организациях цифровые технологии уже используются в различных функциональных направлениях, однако наиболее распространенной целью их применения остается повышение эффективности бизнес-процессов [1, с. 5]. Это означает, что

цифровизация в практическом измерении воспринимается организациями прежде всего как инструмент процессного улучшения: сокращения сроков выполнения операций, повышения прозрачности исполнения, снижения доли ручного труда, ускорения обмена данными и уменьшения операционных потерь. Вместе с тем в указанном исследовании подчеркивается, что ключевыми барьерами внедрения цифровых технологий выступают дефицит финансовых ресурсов, недостаток релевантных пакетных решений и недостаточность цифровых компетенций сотрудников [1, с. 2]. Следовательно, Рпроблема цифровизации управленческих бизнес-процессов имеет не только технологический, но и организационно-управленческий характер.

В статистическом контексте цифровизация управленческих процессов должна рассматриваться как часть более широкой цифровой экономики, в которой данные, информационные системы, цифровые платформы и алгоритмические инструменты становятся факторами производительности и конкурентоспособности. В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский и Л. М. Гохберг раскрывают цифровую экономику через систему показателей, отражающих развитие цифровой инфраструктуры, применение цифровых технологий, уровень цифровых компетенций и распространение информационных решений в организациях [2, с. 18-22]. Для управленческих бизнес-процессов это особенно существенно, поскольку сама возможность цифровизации зависит от наличия инфраструктурной базы: программного обеспечения, каналов передачи данных, корпоративных информационных систем, средств аналитики, а также кадров, способных не только использовать цифровые инструменты, но и ставить управленческие задачи в цифровом формате. Без этой базы цифровизация остается декларацией и не приводит к устойчивому изменению управленческой практики.

С позиции процессного подхода организация рассматривается не как сумма подразделений, а как совокупность взаимосвязанных процессов, направленных на создание результата для внутреннего или внешнего потребителя. Именно поэтому цифровизация управленческих бизнес-процессов должна начинаться не с выбора программного решения, а с описания самих процессов, их границ, входов, выходов, ответственных участников, контрольных точек и показателей эффективности. А. Ю. Литвин отмечает, что системы управления бизнес-процессами позволяют автоматизировать процессы, установить контроль над их выполнением и повысить эффективность компании [4, с. 3]. Однако автор также указывает на типичную проблему российских компаний: многие организации осознают необходимость цифровой трансформации, но не всегда понимают, какие цифровые решения выбирать и как применять их с учетом специфики бизнеса [4, с. 1]. Из этого следует важный теоретический вывод: цифровизация управленческого процесса требует предварительного управленческого проектирования, иначе цифровые решения могут воспроизводить существующие неэффективные регламенты, а не устранять их.

Особое значение имеет разграничение функциональной автоматизации и сквозной цифровизации бизнес-процессов. Функциональная автоматизация улучшает работу отдельного подразделения или операции: бухгалтерии, склада, отдела продаж, службы персонала, документооборота. Сквозная цифровизация ориентирована на процесс целиком, то есть на движение задачи, заявки, заказа, решения или управленческой информации через несколько подразделений. Если цифровое решение внедрено только внутри одного функционального блока, но не связано с другими информационными контурами, организация сталкивается с фрагментацией данных, дублированием информации, ручными выгрузками, несогласованностью статусов и задержками при передаче задач. Д. П. Мартынов и В. Ю. Гарнова на примере предприятий оптовой торговли показывают, что цифровизация управления бизнес-процессами требует оценки не только технической оснащенности, но и перспектив изменения процессов, связанных с учетом, логистикой, клиентским взаимодействием и управленческой аналитикой [7, с. 42-44]. Это подтверждает, что эффект цифровизации возникает не в точке установки программы, а в момент перестройки процесса как управляемого потока работ.

Развитие цифровизации управления бизнес-процессами исторически связано с эволюцией BPM. Ясинь Лю выделяет несколько этапов развития цифровых технологий для управления бизнес-процессами: оцифровку рабочих заданий, поток работ, корпоративные программные пакеты, системы управления бизнес-процессами и гиперавтоматизацию [5, с. 918-919]. Такая периодизация важна для теоретического анализа, поскольку показывает: современная цифровизация управленческих процессов является не случайным набором технологий, а результатом длительного развития управленческой и информационной логики. На ранних этапах цифровые технологии позволяли фиксировать и передавать информацию. На следующих этапах они стали обеспечивать автоматизированное движение задач, интеграцию корпоративных приложений и моделирование процессов. Современный этап связан с гиперавтоматизацией, при которой BPM, RPA, искусственный интеллект, process mining, low-code-инструменты и аналитика данных объединяются в единую архитектуру управления процессами. Ясинь Лю подчеркивает, что цифровые технологии и BPM стали неразделимыми, а гиперавтоматизация выступает одной из ключевых тенденций цифровизации управления бизнес-процессами [5, с. 925-926].

Однако переход к гиперавтоматизации не означает автоматического повышения управляемости организации. Напротив, чем сложнее цифровая архитектура, тем выше требования к качеству данных, регламентам, компетенциям персонала и ответственности менеджеров. В. Д. Маркова рассматривает цифровизацию управления как переход к принятию управленческих решений на основе данных и обращает внимание на одну из причин неудач цифровизации: отстранение менеджеров от процесса внедрения, когда цифровизация ошибочно воспринимается как задача только ИТ-службы [6, с. 174-175]. Этот тезис имеет принципиальное значение для рассматриваемой темы. Управленческий бизнес-процесс не может быть цифровизирован исключительно усилиями программистов или системных администраторов, поскольку именно менеджеры определяют цели процесса, критерии результата, управленческие ограничения, правила эскалации и требования к аналитике. При пассивной позиции менеджмента цифровые решения превращаются в техническую надстройку, не меняющую управленческое поведение.

В этом контексте цифровизация управленческих бизнес-процессов должна пониматься как совместная управленческая и технологическая деятельность. Менеджер в цифровой организации перестает быть только потребителем отчетности и становится постановщиком задач для цифрового контура. В. Д. Маркова отмечает, что изменение роли менеджеров связано с необходимостью формулировать требования к данным, участвовать в проектировании цифровых решений и использовать аналитику для принятия решений [6, с. 178-180]. Это позволяет говорить о новом типе управленческой компетентности, включающей процессное мышление, понимание логики данных, способность интерпретировать цифровые показатели и готовность корректировать бизнес-процессы на основе аналитических результатов. Следовательно, цифровизация управленческих процессов невозможна без изменения управленческой культуры.

Существенным элементом теоретического анализа является вопрос об интеллектуализации бизнес-процессов. Если традиционная автоматизация выполняет заранее заданные операции по жестким правилам, то интеллектуальные технологии позволяют выявлять закономерности, прогнозировать отклонения, классифицировать ситуации и предлагать варианты управленческого воздействия. В. В. Козлова связывает оптимизацию бизнес-процессов с применением технологий искусственного интеллекта, машинного обучения, обработки естественного языка, компьютерного зрения, роботизированной автоматизации и интеллектуальной аналитики данных [3, с. 1-2]. По мнению автора, современная парадигма корпоративного управления смещается от традиционных методов автоматизации к интеллектуальным экосистемам принятия решений [3, с. 14]. Для управленческих процессов это означает переход от простой фиксации фактов к анализу цифрового следа: сроков выполнения операций, причин отклонений, повторяемости ошибок, загрузки исполнителей, качества входных данных и динамики показателей.

Интеллектуальная оптимизация управленческих бизнес-процессов особенно значима там, где процессы имеют высокую вариативность и зависят от множества факторов. Например, согласование договоров, обработка клиентских обращений, планирование закупок, управление производственными заданиями, контроль исполнения поручений и управление качеством не всегда могут быть эффективно описаны только жестким регламентом. В таких процессах важны не только правила, но и способность системы выявлять повторяющиеся сценарии, определять рисковые участки, прогнозировать задержки и предлагать управленческие решения. И. М. Яхонтова и Л. К. Ефимиади рассматривают интеллектуальный анализ бизнес-процессов как инструмент повышения конкурентоспособности предприятий, поскольку он позволяет использовать данные о процессах для выявления резервов эффективности и принятия более обоснованных решений [12]. Это усиливает значение процессной аналитики как самостоятельного направления цифровизации управления.

При этом интеллектуализация не отменяет необходимости базовой регламентации. Напротив, чем активнее организация использует искусственный интеллект, process mining, BI-системы и предиктивную аналитику, тем важнее единые справочники, стандарты данных, корректная фиксация событий и прозрачное распределение ответственности. Если исходные данные неполны, статусы неоднозначны, события фиксируются нерегулярно, а исполнители не понимают правил работы с систе-

мой, аналитический контур будет воспроизводить ошибки управленческого учета. Поэтому цифровизация управленческих бизнес-процессов требует сочетания двух уровней: нормативно-процессного и аналитико-интеллектуального. Первый уровень обеспечивает описание процесса, правила исполнения, владельцев, KPI и контрольные точки. Второй уровень позволяет анализировать фактическое исполнение, выявлять отклонения и формировать рекомендации по улучшению.

К. И. Синицына связывает цифровизацию бизнес-процессов с управлением инновациями организации, подчеркивая, что цифровые инструменты позволяют ускорять обмен информацией, повышать гибкость процессов и формировать новые способы координации управленческих действий [9, с. 84-85]. Этот подход позволяет рассматривать цифровизацию не только как средство операционной эффективности, но и как механизм инновационного развития. Управленческий бизнес-процесс становится более восприимчивым к изменениям, когда организация имеет возможность быстро получать данные, анализировать отклонения, тестировать новые решения и масштабировать удачные практики. При отсутствии цифрового контура управленческие изменения часто остаются медленными, фрагментарными и зависят от индивидуального опыта отдельных руководителей. При наличии цифровой инфраструктуры организация получает возможность закреплять управленческие решения в данных, регламентах и автоматизированных сценариях.

Проблемный характер цифровизации управленческих бизнес-процессов проявляется в том, что внедрение цифровых технологий может создавать не только эффекты, но и риски. Р. Ю. Петрушевский указывает, что в условиях цифровой трансформации организации сталкиваются с неподготовленностью организационных структур, нехваткой квалифицированных работников и необходимостью адаптации к меняющимся рыночным условиям [8, с. 23-24]. Автор также связывает успешность цифровой трансформации с формированием гибких организационных моделей, инвестициями в обучение персонала, внедрением BPM-систем и развитием культуры инноваций [8, с. 24-25]. Следовательно, цифровизация управленческих процессов требует не только технологического проекта, но и программы организационных изменений. Без нее цифровые решения могут встретить сопротивление персонала, формальное использование систем, неполноту вводимых данных и сохранение неформальных способов управления вне цифрового контура.

Риски цифровизации усиливаются и внешними условиями. П. Б. Рудник и Т. С. Зинина в коллективном исследовании о цифровой трансформации в новых условиях выделяют риски, связанные с зависимостью от иностранных вендоров, ограничениями поставок программного обеспечения и оборудования, трудностями импортозамещения, снижением функциональности и производительности отдельных цифровых решений [10, с. 26-27]. Для управленческих бизнес-процессов эти риски имеют прямое значение, поскольку многие процессы становятся зависимыми от устойчивости программной инфраструктуры, доступности технической поддержки, совместимости систем и сохранности данных. Если цифровой контур управления построен без учета технологических и организационных рисков, сбой информационной системы может привести не просто к технической проблеме, а к нарушению управляемости процессов.

Отдельный теоретический вопрос связан с критериями эффективности цифровизации управленческих бизнес-процессов. Наиболее распространенной ошибкой является оценка цифровизации по факту внедрения системы или количеству автоматизированных операций. Такой подход недостаточен. Эффективность должна оцениваться через изменение процессных и управленческих показателей: сокращение длительности цикла, уменьшение доли ошибок, снижение числа повторных согласований, повышение полноты данных, сокращение времени принятия решений, рост прозрачности ответственности, улучшение соблюдения сроков и повышение качества управленческой аналитики. Г. И. Абдрахманова и соавторы показывают, что цифровые технологии чаще всего внедряются в производственные и продуктовые процессы, тогда как стратегическое управление, маркетинг и взаимодействие с поставщиками цифровизованы в меньшей степени [1, с. 6]. Это позволяет предположить, что многие организации начинают цифровизацию с операционного уровня, но сталкиваются с более сложной задачей перевода управленческого контура на работу с данными.

Теоретически проблему цифровизации управленческих бизнес-процессов можно представить как противоречие между технологической доступностью цифровых решений и недостаточной зрелостью организационно-управленческой среды. С одной стороны, на рынке представлены ERP, CRM, BPM, BI, RPA, low-code-платформы, системы электронного документооборота, инструменты process mining и решения на основе искусственного интеллекта. С другой стороны, их внедрение не гарантирует управленческого эффекта, если процессы не описаны, показатели не формализованы, владельцы процессов не назначены, данные не стандартизированы, а менеджеры не вовлечены в постановку задач. А. Ю. Литвин справедливо отмечает, что цифровая трансформация требует поддержки руководства и участия всего коллектива, а также может занимать значительное время и требовать существенных финансовых вложений [4, с. 1-2]. Именно поэтому цифровизация управленческих бизнес-процессов должна рассматриваться как длительный управленческий проект, а не как разовая техническая модернизация.

Содержательно цифровизация управленческих бизнес-процессов включает несколько взаимосвязанных направлений. Первое направление связано с формализацией процессов: описанием последовательности действий, участников, входов, выходов, документов, данных и контрольных точек. Второе направление предполагает создание цифрового контура исполнения: перевод операций, согласований, уведомлений, маршрутизации и контроля сроков в информационные системы. Третье направление связано с интеграцией данных между системами, поскольку управленческое решение часто требует информации из разных функциональных областей. Четвертое направление включает аналитику и визуализацию показателей, позволяющие руководителям видеть состояние процесса в режиме, близком к реальному времени. Пятое направление предполагает интеллектуальную оптимизацию: прогнозирование отклонений, выявление причин задержек, автоматическую классификацию заявок и поддержку принятия решений [12].

Научная проблема заключается в том, что цифровизация управленческих бизнес-процессов часто развивается быстрее, чем методологическое понимание ее границ, условий и критериев результативности. Организации внедряют цифровые инструменты, но не всегда связывают их с процессной архитектурой, стратегическими целями и системой управленческой ответственности. В результате формируется разрыв между цифровой инфраструктурой и управленческим эффектом. В теоретическом плане преодоление этого разрыва возможно через комплексный подход, объединяющий процессное управление, управление данными, цифровую архитектуру, развитие компетенций и организационные изменения. Управленческий бизнес-процесс должен рассматриваться как объект цифрового проектирования, где технология является не самоцелью, а средством повышения прозрачности, адаптивности и результативности управления.

Следовательно, теоретический аспект проблемы цифровизации управленческих бизнес-процессов организации состоит в признании ее комплексной природы. Она затрагивает одновременно процессную модель организации, информационную инфраструктуру, качество данных, управленческие компетенции, корпоративную культуру, экономическую эффективность и риски технологической зависимости. Цифровизация становится результативной только в том случае, если цифровые решения встроены в управленческий цикл: постановку целей, планирование, исполнение, контроль, анализ отклонений и корректировку процессов. Именно такая логика позволяет перейти от фрагментарной автоматизации к устойчивой цифровой системе управления, в которой бизнес-процессы становятся измеримыми, прозрачными, управляемыми и способными к постоянному совершенствованию.

Содержательно цифровизация управленческих бизнес-процессов включает несколько взаимосвязанных направлений. Первое направление связано с формализацией процессов: описанием последовательности действий, участников, входов, выходов, документов, данных и контрольных точек. Второе направление предполагает создание цифрового контура исполнения: перевод операций, согласований, уведомлений, маршрутизации и контроля сроков в информационные системы. Третье направление связано с интеграцией данных между системами, поскольку управленческое решение часто требует информации из разных функциональных областей. Четвертое направление включает аналитику и визуализацию показателей, позволяющие руководителям видеть состояние процесса в режиме, близком к реальному времени. Пятое направление предполагает интеллектуальную оптимизацию: прогнозирование отклонений, выявление причин задержек, автоматическую классификацию заявок и поддержку принятия решений (таблица 2).

Представленные направления показывают, что цифровизация управленческих бизнес-процессов не является однородным процессом и не ограничивается внедрением программного обеспечения. На начальном уровне она связана с описанием и стандартизацией процессов, поскольку без формализованной процессной модели невозможно определить, какие операции подлежат автоматизации и какие показатели должны использоваться для оценки результата. На следующем уровне цифровизация предполагает автоматизацию исполнения и интеграцию данных, что позволяет устранить разрывы между функциональными подразделениями и сократить зависимость управления от ручной пере-

дачи информации. Более высокий уровень связан с аналитикой, мониторингом KPI и интеллектуальной оптимизацией, когда организация получает возможность не только фиксировать текущее состояние процессов, но и выявлять причины отклонений, прогнозировать риски и выбирать корректирующие действия.

Таблица 2
Направления цифровизации управленческих бизнес-процессов организации

Направление цифровизации	Содержание направления	Основная управленческая проблема	Ожидаемый управленческий эффект
Формализация бизнес-процессов	Описание последовательности операций, участников, входов, выходов, контрольных точек и показателей	Отсутствие единого понимания процесса, дублирование функций, размытая ответственность	Повышение прозрачности процесса, закрепление владельцев процессов и зон ответственности
Автоматизация исполнения	Перевод операций, согласований, уведомлений, маршрутизации задач и контроля сроков в цифровую среду	Сохранение ручных согласований, задержки исполнения, зависимость результата от отдельных работников	Сокращение времени выполнения операций, снижение числа ошибок и повышение дисциплины исполнения
Интеграция данных	Объединение информации из ERP, CRM, BPM, BI, систем документооборота и иных цифровых решений	Фрагментация данных, несогласованность справочников, ручные выгрузки и повторный ввод информации	Формирование единого информационного контура и повышение достоверности управленческой информации
Аналитика и мониторинг KPI	Использование отчетов, дашбордов, процессных метрик, показателей SLA и данных о фактическом исполнении	Принятие решений на основе запаздывающей или неполной отчетности	Переход к управлению на основе данных, своевременное выявление отклонений и контроль результативности
Интеллектуальная оптимизация	Применение искусственного интеллекта, process mining, предиктивной аналитики и рекомендательных механизмов	Невозможность заранее выявлять риски, задержки, повторяющиеся ошибки и скрытые потери процесса	Прогнозирование отклонений, выявление причин неэффективности и поддержка управленческих решений

(Составлено автором)

Литература

1. Абдрахманова, Г. И. Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры использования. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса. Выпуск 1 / Г. И. Абдрахманова, Т. С. Зинина, Е. В. Киселева, Е. Г. Нечаева, П. Б. Рудник, М. С. Фролов // Публикации НИУ ВШЭ [Электронный ресурс]. – М. : НИУ ВШЭ, 2024. – Режим доступа : https://publications.hse.ru/view/920778613.
2. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг [и др.] ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики» // Публикации НИУ ВШЭ [Электронный ресурс]. – М. : НИУ ВШЭ, 2024. – 276 с. – Режим доступа : https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/892389163.pdf.
3. Козлова, В. В. Оптимизация бизнес-процессов с применением технологий искусственного интеллекта / В. В. Козлова // Вестник Евразийской науки [Электронный ресурс]. – 2025. – Т. 17. – № s2. – Режим доступа : https://esj.today/PDF/81FAVN225.pdf.
4. Литвин, А. Ю. Цифровая трансформация систем управления бизнес-процессами в российских компаниях / А. Ю. Литвин // Вестник Евразийской науки [Электронный ресурс]. – 2023. – Т. 15. – № s2. – Режим доступа : https://esj.today/PDF/73FAVN223.pdf.
5. Лю, Ясинь. Развитие и тенденции цифровизации управления бизнес-процессами / Ясинь Лю // Лидерство и менеджмент [Электронный ресурс]. – 2023. – Т. 10. – № 3. – С. 915-928. – Режим доступа : https://1economic.ru/lib/118528.
6. Маркова, В. Д. Цифровизация управления бизнесом: задачи и роли менеджеров / В. Д. Маркова // ЭКО [Электронный ресурс]. – 2025. – Т. 55. – № 1. – С. 173 – 186. – Режим доступа : https://ecotrends.ru/index.php/eco/article/view/4830.
7. Мартынов, Д. П. Оценка и перспективы цифровизации управления бизнес-процессами на предприятиях оптовой торговли / Д. П. Мартынов, В. Ю. Гарнова // BENEFICIUM [Электронный ресурс]. – 2024. – № 4 (53). – С. 41 – 48. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-i-perspektivy-tsifrovizatsii-upravleniya-biznes-protsessami-na-predpriyatiyah-optovoy-torgovli.
8. Петрушевский, Р. Ю. Управление бизнес-процессами в контексте цифровой трансформации: проблемы и пути решения / Р. Ю. Петрушевский // Экономика строительства и городского хозяйства [Электронный ресурс]. – 2025. – Т. 21. – № 1. – С. 23 – 31. – Режим доступа : https://donnasa.ru/publish_house/journals/esgh/2025-1/st_03_petrushevsky.pdf.
9. Синицына, К. И. Цифровизация бизнес-процессов и управления инновациями организации / К. И. Синицына // Журнал прикладных исследований [Электронный ресурс]. – 2024. – № 2. – С. 83 – 87. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-biznes-protsessov-i-upravleniya-innovatsiyami-organizatsii.
10. Цифровая трансформация: эффекты и риски в новых условиях / рук. авт. колл. П. Б. Рудник, Т. С. Зинина ; под ред. И. Р. Агамирзяна, Л. М. Гохберга, Т. С. Зининой, П. Б. Рудника ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики» // Публикации НИУ ВШЭ [Электронный ресурс]. – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 156 с. – Режим доступа : https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/943961082.pdf.
11. Цифровые технологии в бизнесе: практики и барьеры использования. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса. Выпуск 1 [Электронный ресурс] / Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. – М. : НИУ ВШЭ, 2024. – 14 с. – Режим доступа : https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf.
12. Яхонтова, И. М. Технология интеллектуального анализа бизнес-процессов для повышения конкурентоспособности предприятий / И. М. Яхонтова, Л. К. Ефимиади // Вестник Сургутского государственного университета [Электронный ресурс]. – 2024. – Т. 12. – № 3. – С. 73 – 83. – Режим доступа : https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-intellektualnogo-analiza-biznes-protsessov-dlya-povysheniya-konkurentosposobnosti-predpriyatiy.

The problem of digitalization of managerial business processes in an organization

Gladyshev I.D.
Moscow International Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The article examines the problem of digitalization of managerial business processes in an organization under conditions of increasing technological dynamics, growing requirements for decision-making speed, and the need to improve the transparency of the management system. It is substantiated that digitalization cannot be reduced only to the implementation of separate information systems, since its effectiveness depends on the consistency of digital solutions with organizational goals, the process model, the responsibility system, data quality, and management control mechanisms. Particular attention is paid to the contradiction between the technical availability of digital tools and the insufficient organizational and methodological readiness of enterprises to use them effectively. The article shows that fragmented automation of individual functions does not ensure a sustainable increase in efficiency unless it is accompanied by the description of end-to-end business processes, formalization of KPIs, regulation of information flows, and assignment of process owners. The conclusion is made about the need for an integrated approach to the digitalization of managerial business processes, combining process management, data analytics, digital infrastructure, and organizational change.

Keywords: digitalization, business processes, organizational management, digital transformation, process approach, managerial decisions, digital technologies, business process optimization.

References

1. Litvin, A. Yu. Digital transformation of business process management systems in Russian companies / A. Yu. Litvin // The Eurasian Scientific Journal [Electronic resource]. – 2023. – Vol. 15. – No. s2. – Available at : https://esj.today/PDF/73FAVN223.pdf.
2. Liu, Yasin. Development and trends in the digitalization of business process management / Yasin Liu // Leadership and Management [Electronic resource]. – 2023. – Vol. 10. – No. 3. – P. 915-928. – DOI: 10.18334/lim.10.3.118528. – Available at : https://1economic.ru/lib/118528.
3. Martynov, D. P. Assessment and prospects for the digitalization of business process management at wholesale trade enterprises / D. P. Martynov, V. Yu. Garnova // BENEFICIUM [Electronic resource]. – 2024. – No. 4 (53). – P. 41-48. – DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2024.4(53).41-48. – Available at : https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-i-perspektivy-tsifrovizatsii-upravleniya-biznes-protsessami-na-predpriyatiyah-optovoy-torgovli.
4. Petrushevsky, R. Yu. Business process management in the context of digital transformation: problems and solutions / R. Yu. Petrushevsky // Economics of Construction and Urban Economy [Electronic resource]. – 2025. – Vol. 21. – No. 1. – P. 23-31. – DOI: 10.71536/esgh.2025.v21n1.3. – Available at : https://donnasa.ru/publish_house/journals/esgh/2025-1/st_03_petrushevsky.pdf.
5. Markova, V. D. Digitalization of business management: tasks and roles of managers / V. D. Markova // ECO [Electronic resource]. – 2025. – Vol. 55. – No. 1. – P. 173-186. – DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2025-1-173-186. – Available at : https://ecotrends.ru/index.php/eco/article/view/4830.
6. Kozlova, V. V. Optimization of business processes using artificial intelligence technologies / V. V. Kozlova // The Eurasian Scientific Journal [Electronic resource]. – 2025. – Vol. 17. – No. s2. – Available at : https://esj.today/PDF/81FAVN225.pdf.
7. Yakhontova, I. M. Technology of intelligent business process analysis for increasing enterprise competitiveness / I. M. Yakhontova, L. K. Efimiadi // Surgut State University Journal [Electronic resource]. – 2024. – Vol. 12. – No. 3. – P. 73-83. – DOI: 10.35266/2949-3455-2024-3-7. – Available at : https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-intellektualnogo-analiza-biznes-protsessov-dlya-povysheniya-konkurentosposobnosti-predpriyatiy.
8. Sinitsyna, K. I. Digitalization of business processes and innovation management in an organization / K. I. Sinitsyna // Journal of Applied Research [Electronic resource]. – 2024. – No. 2. – P. 83-87. – Available at : https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-biznes-protsessov-i-upravleniya-innovatsiyami-organizatsii.

Модель управления цифровыми коммуникациями в организации в условиях персонализации

Гредескул Андрей Андреевич
аспирант, Московская международная академия,
andrewgredeskul99@gmail.com

В условиях цифровизации экономики и роста объема коммуникационного воздействия организации сталкиваются со снижением эффективности традиционных массовых коммуникаций. В этой связи особую актуальность приобретает разработка управленческих моделей, ориентированных на персонализацию взаимодействия с клиентами.

Целью настоящего исследования является разработка модели управления цифровыми коммуникациями, обеспечивающей повышение их эффективности за счет интеграции поведенческих и текстовых факторов.

Методологическую основу исследования составляют методы сравнительного анализа, системного подхода и обобщения научной литературы, а также элементы эмпирического анализа показателей цифровых коммуникаций.

В ходе исследования проведен анализ существующих моделей управления коммуникациями, выявлены их ограничения и предложена авторская модель, основанная на динамической сегментации и адаптивном управлении с использованием подходов сегментированного маркетинга, моделей склонности к конкретным клиентским поведениям, а также внедрении большим данным, позволяющие изучить клиентские боли и интересы. Результаты исследования показывают, что использование персонализированных коммуникаций позволяет повысить вовлеченность пользователей и эффективность коммуникационной деятельности.

Научная значимость работы заключается в развитии подходов к управлению цифровыми коммуникациями, а практическая — в возможности применения предложенной модели в деятельности организаций.

Ключевые слова: цифровые коммуникации, персонализация, управление коммуникациями, CRM, поведенческие факторы, маркетинговые коммуникации, data-driven маркетинг.

Введение

Высокий темп развития цифровых технологий и расширение каналов взаимодействия с пользователями и клиентами привели к существенным изменениям в системе маркетинговых коммуникаций в организациях. Современные компании используют широкий спектр инструментов цифрового взаимодействия, включая электронную почту, мобильные приложения, push-уведомления, SMS, телемаркетинг (в том числе роботизированный), и социальные сети. Вместе с тем количественный рост коммуникаций сопровождается снижением их эффективности. Массовые рассылки и универсальные сообщения перестают обеспечивать высокий уровень отклика пользователей, что связано с ростом информационной перегрузки пользователей и снижением их вовлеченности [12, с. 487–490]. В этих условиях особую значимость приобретает персонализация цифровых коммуникаций, позволяющая адаптировать содержание и форму сообщений к индивидуальным характеристикам получателей. Персонализация рассматривается как ключевой фактор повышения эффективности коммуникационного воздействия и оптимизации маркетинговых затрат [1, с. 520–523]. Несмотря на активное развитие данного направления, в научной литературе сохраняется недостаточная проработанность вопросов интеграции персонализированных коммуникаций в систему управления организацией. Это обусловливает необходимость разработки комплексной модели управления цифровыми коммуникациями и детального раскрытия подхода сегментного маркетинга как инструмента эффективного влияния на клиентов.

Литературный обзор

Анализ научной литературы показывает, что управление цифровыми коммуникациями развивается в рамках нескольких направлений. Классические модели коммуникации основываются на линейной передаче информации, однако их применимость в цифровой среде ограничена. Управление цифровыми коммуникациями представляет собой комплексный процесс, включающий планирование, реализацию и контроль коммуникационного воздействия в цифровой среде. Традиционные модели коммуникации основывались на линейной передаче информации от отправителя к получателю. Однако в условиях цифровизации такие модели утратили свою эффективность, поскольку не учитывают обратную связь и индивидуальные характеристики аудитории: боли и интересы. Современные подходы к управлению коммуникациями формируются под влиянием data-driven подхода, предполагающего использование больших данных и аналитических инструментов для повышения эффективности коммуникаций [6, с. 541–545], а также методов сегментного маркетинга, которые позволяют направлять коммуникации целевым клиентам, подходящим для информирования или продажи товаров. В рамках персонализированного подхода особое значение приобретает учет поведенческих факторов, включая историю взаимодействия клиента с организацией и его реакцию на предыдущие коммуникации. Как показывают исследования, учет психологических и поведенческих особенностей пользователей существенно влияет на восприятие информации и уровень вовлеченности [5, с. 26–30].

Таким образом, современное управление цифровыми коммуникациями предполагает переход от статических моделей к динамическим системам, адаптирующимся к поведению пользователей.

Материалы и методы

В рамках эмпирического анализа использованы обобщенные данные о поведении пользователей в цифровых каналах, включая показатели открываемости, кликабельности и конверсии.

Сравнение проводилось между традиционной сегментной моделью и персонализированной моделью коммуникаций: в научной и практической деятельности можно выделить несколько основных моделей управления цифровыми коммуникациями. Линейные модели характеризуются простотой и высокой управляемостью, однако их эффективность в цифровой среде ограничена. CRM-ориентированные модели предполагают управление коммуникациями на основе жизненного цикла клиента и позволяют повысить структурированность взаимодействия. Наиболее развитым направлением являются data-driven модели, основанные на анализе больших данных. Они обеспечивают высокую точность персонализации, однако требуют значительных ресурсов и отличаются низкой интерпретируемостью. Согласно исследованиям, персонализация может осуществляться на различных уровнях

— от сегментного до индивидуального, включая контекстные параметры взаимодействия [2, с. 1095–1098]. В то же время использование алгоритмических моделей сопряжено с рисками снижения управляемости коммуникационных процессов [4, с. 814–818].

Эффективность цифровых коммуникаций определяется рядом факторов, ключевыми среди которых являются: релевантность содержания, своевременность и необходимость коммуникации, соответствие канала ожиданиям пользователя, а также учет поведенческих характеристик. Особое значение имеют поведенческие данные, позволяющие адаптировать коммуникации к индивидуальным особенностям пользователей [1, с. 525–528]. Кроме того, важную роль играют текстовые характеристики сообщений, включая структуру и тональность. Использование системы обратной связи, основанной на анализе показателей отклика и конверсии, позволяет корректировать коммуникационные стратегии и повышать их эффективность.

На основе проведённого анализа предлагается модель управления цифровыми коммуникациями, включающая следующие элементы: формирование информационной базы, динамическая сегментация, разработка персонализированных сообщений, выбор каналов коммуникации, контур обратной связи. Ключевой особенностью модели является её адаптивность, ориентация на поведенческие характеристики аудитории с применением сегментного подхода.

Для проверки предложенной модели проведён сравнительный анализ эффективности традиционных и персонализированных коммуникаций.

Результаты показали, что использование персонализации приводит к росту показателей открываемости (Click Rate) и конверсии (CR). На личном опыте взаимодействия с управлением цифровыми коммуникациями в банковской сфере, сделаны замеры в сравнении между модельными подходами. Традиционный формат рассылок информационных и продающих рекламных кампаний в формате «all-for-everyone» (всё на всех) дает наименьшую конверсию в целевое действие, к примеру: на 1 миллион сформированных коммуникаций в различных цифровых каналах было собрано 500 целевых продаж, что составило всего 0,05% CR, так как непродуманная коммуникация на большую доступную базу клиентов дает слишком большой разброс в необходимости пользователю того или иного продукта, продвигаемого в коммуникации. С другой же стороны, использование предлагаемой модели предполагало бы сегментированную рассылку с использованием больших данных, изучением поведения и применения модели склонности к продаваемому продукту или услуге. Применяя описанные инструменты предложенной модели, результативность запущенной рекламной кампании в разы выше. Вместо массовой рассылки без изучения потребностей, организация применяет детализированный подход и формирует узкую выборку целевых клиентов: на 450 тысяч коммуникаций было собрано 3,5 тысячи целевых продаж, что составило 0,8% CR, что в итоговом сравнении больше традиционного подхода в 16 раз (0,05% против 0,8%). Это сравнение в рамках одного информационного сектора наглядно показывает на эффективность предложенной модели коммуникаций с клиентами. Кроме того, в предложенном модельном подходе с применения углубленных инструментов коммуникаций наблюдается пониженный уровень негативных реакций и обратной связи со стороны пользователей, что свидетельствует о повышении качества коммуникационного взаимодействия и клиентской удовлетворенности об организации и продаваемом продукте.

Результаты

В ходе исследования выявлено, что традиционные модели коммуникаций демонстрируют ограниченную эффективность в условиях цифровой среды и тенденций цифровизации XXI века.

Применение персонализированных коммуникаций позволяет повысить ключевые показатели эффективности, включая уровень отклика и конверсии. Результаты согласуются с исследованиями, подтверждающими влияние персонализации на вовлеченность пользователей [5, с. 31–34].

На основе проведенного анализа предложена модель управления цифровыми коммуникациями, включающая следующие этапы:

сбор и анализ данных о клиентах;

динамическая сегментация аудитории;

разработка персонализированных сообщений;

выбор каналов коммуникации;

анализ результатов и обратная связь.

Обсуждение

Полученные результаты обосновывают необходимость внедрения адаптивных моделей управления коммуникационными процессами. Предложенная модель обеспечивает интеграцию CRM-систем и data-driven подходов, что позволяет достичь баланса между персонализацией коммуникационных воздействий и их управляемостью. В отличие от существующих моделей, предлагаемая конфигурация учитывает поведенческие факторы и предусматривает возможность оперативной корректировки коммуникаций в режиме реального времени. Вместе с тем эффективность реализации модели детерминируется качеством используемых данных и уровнем развития цифровой инфраструктуры организации

Заключение

В ходе исследования выявлено, что существующие модели управления цифровыми коммуникациями характеризуются рядом ограничений и недостатков, препятствующих их эффективной реализации в условиях ускоряющейся цифровизации и динамичной трансформации поведенческих трендов. Предлагаемая авторская модель позволяет повысить результативность коммуникационной деятельности за счет интеграции поведенческих факторов, механизмов адаптивного управления и сегментного подхода. Использование больших данных (Big Data), моделей прогнозирования клиентской склонности к определенным паттернам поведения, а также детализированного подхода к осуществлению коммуникационных рассылок посредством CRM-инструментов создает условия для гарантированного и эффективного роста продаж продуктов и услуг при одновременном снижении рисков возникновения раздражительности и формирования негативной обратной связи со стороны клиентов. Полученные результаты подтверждают необходимость перехода к более гибким моделям управления цифровыми коммуникациями.

Литература

1. Bleier A., Eisenbeiss M. Personalized online advertising effectiveness // Marketing Science. 2015. Vol. 34. No. 5. P. 525–688.
2. Cavdar Aksoy N. et al. Personalisation practices // Journal of Marketing Management. 2021. Vol. 37. P. 1091–1122.
3. Davenport T., Guha A. Artificial intelligence in marketing // Journal of the Academy of Marketing Science. 2020. Vol. 48. P. 24–42.
4. Giesler M., Fischer E. Algorithmic branding // Journal of Business Research. 2022. Vol. 145. P. 814–827.
5. Hutmacher F., Appel M. Psychology of personalization // Review of General Psychology. 2023. Vol. 27. P. 26–40.
6. Kannan P.K., Li H. Digital marketing communication // International Journal of Research in Marketing. 2022. Vol. 39. P. 541–565.
7. Wedel M., Kannan P. Marketing analytics // Journal of Marketing. 2016. Vol. 80. P. 97–121.
8. Вялов Н. В., Могилевская Н. В. Развитие цифровой экономики и ее последствия для бизнеса и потребителей // Экономико-правовые, социологические исследования: вопросы теории и практики – Рязань: Издательство «Концепция», 2023. – С. 73–74.
9. Быков И. А., Курушкин С. В. Цифровая коммуникация // Вестник РУДН. 2022. Т. 24. № 3. С. 419–432.
10. Гурушкин П. Ю. Цифровые коммуникации в сегменте «E-commerce» // Litera. – 2024. – № 11. – С. 199–211.
11. Минаков А. В., Суглобов А. Е. Трансформация механизмов коммуникации и взаимодействия с клиентами в цифровом маркетинге // Российский журнал менеджмента. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 211–228.
12. Смирнова Е. А. Маркетинговые коммуникации // Вестник ЧелГУ. 2022. № 4. С. 485–496.
13. Тен Ю. П., Гайко Е. Б. Цифровой маркетинг // Проблемы экономики. 2024. № 6. С. 203–207.

Model for managing digital communications in an organization under conditions of personalization

Gredeskul A.A.

Moscow International Academy (MIA)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

In the context of the digitalization of the economy and the increasing volume of communication impact, organizations are facing a decline in the effectiveness of traditional mass communications. In this regard, the development of managerial models focused on the personalization of customer interactions becomes particularly relevant.

The aim of this study is to develop a model for managing digital communications that enhances their effectiveness through the integration of behavioral and textual factors.

The methodological framework of the research includes methods of comparative analysis, a systems approach, and a review of scientific literature, as well as elements of empirical analysis of digital communication performance indicators.

During the study, an analysis of existing communication management models was conducted, their limitations were identified, and an original model was proposed based on dynamic segmentation and adaptive management using segmented marketing approaches, propensity models for specific customer behaviors, as well as the implementation of big data technologies that make it possible to analyze customer pain points and interests. The results of the study demonstrate that the use of personalized communications increases user engagement and improves the effectiveness of communication activities.

The scientific contribution of the study lies in the development of approaches to managing digital communications, while its practical significance is reflected in the applicability of the proposed model in organizational practice.

Keywords: digital communications, personalization, communication management, CRM, behavioral factors, marketing communications, data-driven marketing.

References

1. Bleier A., Eisenbeiss M. Personalized online advertising effectiveness // Marketing Science. 2015. Vol. 34. No. 5. P. 525–688.
2. Cavdar Aksoy N. et al. Personalisation practices // Journal of Marketing Management. 2021. Vol. 37. P. 1091–1122.
3. Davenport T., Guha A. Artificial intelligence in marketing // Journal of the Academy of Marketing Science. 2020. Vol. 48. P. 24–42.
4. Giesler M., Fischer E. Algorithmic branding // Journal of Business Research. 2022. Vol. 145. P. 814–827.
5. Hutmacher F., Appel M. Psychology of personalization // Review of General Psychology. 2023. Vol. 27. P. 26–40.
6. Kannan P.K., Li H. Digital marketing communication // International Journal of Research in Marketing. 2022. Vol. 39. P. 541–565.
7. Wedel M., Kannan P. Marketing analytics // Journal of Marketing. 2016. Vol. 80.
8. P. 97–121.
9. Vyalov N. V., Mogilevskaya N. V. Development of the digital economy and its consequences for business and consumers // Economic-Legal and Sociological Research: Issues of Theory and Practice. – Ryazan: Publishing House "Kontseptsiya", 2023. – P. 73–74.
10. Bykov I. A., Kurushkin S. V. Digital communication // RUDN University Bulletin. 2022. Vol. 24. No. 3. P. 419–432.
11. Gurushkin P. Yu. Digital communications in the e-commerce segment // Litera. – 2024. – No. 11. – P. 199–211.
12. Minakov A. V., Suglobov A. E. Transformation of communication mechanisms and customer interaction in digital marketing // Russian Journal of Management. – 2023. – Vol. 21, No. 1. – P. 211–228.
13. Smirnova E. A. Marketing communications // Chelyabinsk State University Bulletin. – 2022. – No. 4. – P. 485–496.
14. Ten Yu. P., Gaiko E. B. Digital marketing // Problems of Economics. – 2024. – No. 6. – P. 203–207.

Реинжиниринг бизнес-процессов: новые возможности в современных реалиях

Гусева Мария Николаевна
д.э.н., профессор. Государственный университет управления кафедра управления проектом,

Лиштаба Алексей Викторович
магистрант кафедры управления проектом, Государственный университет управления, alishtaba@yandex.ru

В фокусе внимания данной статьи находится определение понятия реинжиниринг бизнес процессов. Целью статьи было рассмотрение на концептуальном уровне определений понятия «реинжиниринг бизнес процессов», и возможность проведения реинжиниринга с точки зрения концепции технологических укладов. В статье была сделана попытка дать определение реинжиниринга бизнес-процессов, отображающего дух эпохи копьютеризации и цифровизации. Также, было предложено использование понятия рениженирингового хода (приём), как элементарной единицы реинжинирингового методов. Было выявлено, что на ниспадающей ветви развития технологии, когда они постепенно превращаются в консервативные, реинжиниринг бизнес процессов не возможен в полной мере, так как это подразумевалось автором концепции реинжиниринг бизнес процессов, и больше следует говорить о применении отдельных ходов или приёмов. Такие приёмы меняют процесс качественно, что полностью соответствует идее реинжиниринга, хотя не приводят к большим выигрышам, как это может быть при появлении прорывных технологий. В качестве современных примеров таких приёмов, приведены реинжинирингове ходы сети магазинов для оптимизации процесса поставки товаров.

Ключевые слова: реинжиниринг, технологический уклад, инновации, оптимизация процесса, цифровизация, реинжинирингвый ход.

Введение

В современных условиях высокая изменчивость внешней среды стала новой реальностью, в которой организациям приходится изыскивать способы увеличения продуктивности, как и в предшествующие более стабильные периоды. Одним из способов увеличения продуктивности является реинжиниринг бизнес-процессов, призванный кардинально изменять процессы создания ценности для выгодоприобретателей. Некоторые авторы отмечают, что РБП наряду со своей эффективностью, в случае правильного проведения, является также и носителем высокого риска. В виду того, что понятие РБП появилось в конце прошлого столетия, на заре эпохи компьютеризации – прорывной технологии того времени, появилась необходимость взглянуть на РБП с современных позиций, актуализировать знание к современным реалиям.

Основой реинжиниринга являются именно такие прорывные технологии. Целью исследования было посмотреть на реинжиниринг с точки зрения современного мира, где компьютеризация, и её продолжение – цифровизация, стали неотъемлемым элементом бытия современного общества, его новой реальностью, что уже не воспринимается как прорывная технология, а как данность, которую любая организация широко использует в своей жизнедеятельности.

Основная часть

Впервые понятие «реинжиниринг бизнес-процессов» было введено в статье Майкла Хаммера (Michael Hammer) вышедшей в июле 1990 года «Реинжиниринг: не автоматизируйте – уничтожайте (Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate)», в которой впервые была упомянута концепция РБП [16].

В этой статье предпосылками к открытию реинжиниринга было резкое развитие потребления, при том, что компании, призванные удовлетворять растущий уровень потребления часто выполняли заказы с ошибками, отмечались задержки в заказах клиентов. Вместе с этим технологии быстро менялись, мир стоял на пороге компьютеризации и дальнейшей цифровизации, жизненный цикл продуктов сокращался, а разработка новых продуктов по старым правилам не отвечала запросам потребителей того времени.

Те методы рационализации и автоматизации, которые компании ранее использовали, начали терять свою эффективность. Компании, вводившие компьютеризацию, не полностью использовали потенциал технологии, а только ускоряли существующие процессы. Требовалось не просто улучшить какой-то процесс, а коренным образом перестроить работу всех бизнес-процессов компании.

Стоит отметить, что бизнес-процессы эффективной организации должны строиться на современных технологиях, но развитие технологии постоянно движется вперед, и всё новые бизнесы, построенные на этих технологиях, оказывают воздействие на существующие организации, основанные на устаревших технологиях.

Для понимания появления реинжиниринга нужно учитывать технологические уклады, показанные на рис 1.

Рис. 1 – Графическое представление концепции технологических укладов [17]

Во времена, когда общества жили натуральным хозяйством, рынки только формировались и испытывали дефицит любых товаров, все производственные усилия были направлены на увеличение общей массы товаров. Изначально это выглядело как объединение нескольких ремесленников в артели – каждый рабочий, знал своё ремесло и отвечал за качество своего изделия. Следующим шагом была специализация рабочих в

артелях по видам работ и производимым элементам товара. Данная организация работ позволяла легко контролировать качество на каждом этапе и легко обучать рабочих простым производственным операциям. Дальнейшее развитие в эпоху промышленной революции привело к механизации работ. Человека заменил механизм, который выполняет все детали со стабильным качеством и возможностью выполнять свои функции беспрерывно долго – что привело к взрывному росту производительности и насыщению рынка однотипными товарами. На данных этапах в фокусе внимания были материальные элементов производства.

С появлением первых массовых вычислительных машин, и дальнейшей компьютеризации, всё больше фокус внимания начал сводиться к нематериальной составляющей – информации.

Из графика (рис. 1) мы видим, что концепция реинжиниринга была предложена как раз на пике V-го уклада – компьютеризация, которая и дала возможность максимально эффективно работать с большими массивами информации. Именно поэтому мы и можем говорить, что РБП является по своей сути информационным реинжинирингом, и возможным в информационную эпоху.

Главным объектом реинжиниринга являются процессы, двигателем которых выступают информация и ответственность. То, ради чего всё производится в информационную эпоху общества потребления, является созданием ценности для потребителя.

На данном этапе наше общество уже прошло бум V-го уклада, и мы проживаем медленный спад новизны прорывных технологий, присущих данному укладу, когда идет развитие и распространение инфраструктуры позволяющей пользоваться плодами нового уклада, например: сначала проводной, а потом и беспроводной интернет, а далее и спутниковая сеть-интернет, подключаемая непосредственно к устройству; различные виды «искусственных интеллектов» делают использование больших объемов данных более продуктивным и комфортным пользователю.

Понимание эволюции технологических укладов позволяет нам дать новое определение реинжиниринга, соответствующее информационному технологическому укладу, а именно: *Реинжиниринг бизнес процессов – концепция, объединяющая процессы перемены способов взаимодействия с информацией и её обработки, в связи с использованием современных, ранее не существующих, технологий.*

Осмысливая утверждение Хаммера, что концепция реинжиниринга возможна только при использовании новейших, ранее неизвестных, прорывных, технологий, а также учитывать тот фактор, что любая вновь созданная организация базируется на современных ей технологиях, возможно сделать допущение, что сама возможность реинжиниринга, в его первоначальном понимании автора концепции, тем менее вероятна, чем более консервативной становится эта «новая, прорывная» технология.

Сегодня множество авторов дают различные определения реинжиниринга бизнес-процессов (РБП). Эти определения были сведены в таблицу 1 [1].

Таблица 1
Содержание понятия реинжиниринга бизнес-процессов

№ п.п.	Автор	Определение
1	2	3
1	М. Хаммер Дж. Чампи	фундаментальное переосмысливание и радикальное перепроектирование бизнес процессов для достижения существенных улучшений в таких ключевых для современного бизнеса показателей как затраты, качество, темпы роста и др.
2	Т. Давенпорт	это часть комплекса средств по совершенствованию компании и кардинальному повышению эффективности бизнес процессов с помощью внедрения информационных технологий
3	Хэ Гучжэни	радикальная перестройка производственного процесса, итоговый этап моделирования бизнес процессов с целью оптимизации и совершенствования процесса производства
4	Дж. Сунгай	готовность организации к изменению её текущего направления для получения желаемых результатов обеспечивающих улучшение состояния предприятия
5	Ян Сяохуэй В.В. Сорвирова	совокупность методов и средств, которые предназначены для кардинального улучшения основных показателей деятельности компании путём анализа и перепроектирования существующих бизнес процессов. Способ поощрения организации к её инновационному развитию
6	Г.С. Армашова-Тельник Т.А. Бобович	наиболее эффективный инструмент модернизации управленческой структуры и новых технологических решений
7	Н.К. Васильева О.В. Тахумова	набор инструментов мер и методов соответствующих информационных технологий направленных на радикальное улучшение основных показателей эффективности компании
8	И.А. Евсеева Т.А. Агальцова	радикальная перестройка существующих бизнес процессов, обеспечивающая переход на вновь установленные позиции построения инновационно-ориентированной деятельности предприятия
9	В.А. Баринов С.И. Яковенко	это набор приёмов и методов, которые компания использует для проектирования бизнеса в соответствии со своими целями. Это фундаментальное переосмысливание и радикальное перепроектирование деловых процессов для достижения резких скачкообразных улучшений главных современных показателей деятельности компании
10	К.В. Крупа	это концепция, заключающаяся в радикальном перепроектировании процессов предприятия с целью существенного улучшения их функционирования с использованием современных информационных технологий
11	А.О. Бабак	реконструкция или создание новых бизнес процессов, с целью повышения эффективности деятельности предприятия
12	С.М. Олексин	фундаментальное переосмысливание и радикальная модификация организационно управленческих, коммерческих, технологических и логистических операций для достижения существенных изменений в работе по улучшению основных показателей деятельности
13	Л.С. Ладонько О.С. Солошин	радикальная перестройка бизнес процессов, которые доводят до автоматизма отношения с партнёрами по бизнесу в целях повышения эффективности работы предприятия
14	М.Я. Гвоздь	высокоэффективный метод менеджмента, который трансформирует деятельность предприятия в совокупность отдельных инновационных бизнес процессов

В современных условиях хозяйствования реинжиниринг является необходимым и целесообразным для реализации в следующих случаях: при санации и восстановлении жизнеспособности организации, находящейся на грани банкротства; в случае, когда организация удовлетворительно функционирует, и вместе с этим видит зарождающиеся кризисные явления, к которым следует подготовиться; реинжиниринг – как заградительная мера против конкурентов [2]. Чижова Н. Е. также заостряет внимание, что отдельные аспекты деятельности постоянно требуют совершенствования, но только если они носят радикальный характер и существенно изменяют методы работы, основу решения проблемных ситуаций, то именно тогда можно говорить об реинжиниринге бизнес-процессов. В других случаях, скорее всего, будет подразумеваться текущее совершенствование действующих процессов.

Процесс реинжиниринга невозможен без внедрения современной информационной системы. Введение новых информационных систем, зачастую, ведет к переподготовке специалистов. Реинжиниринг сопровождается устранением излишних или длинных процессов, устранением разрывов, вовлечением как можно меньшего количества исполнителей, уменьшением длительности процесса, объединение нескольких работ в одну, создающую ценность. [3].

Современные предприятия, используя автоматизацию рутинных операций, способны создавать высокоадаптивные системы управления, способные мгновенно реагировать на изменения в рыночных условиях. Цифровизация позволила организациям перейти от статичных, централизованных моделей управления к более гибким и децентрализованным [4]. Развитие цифровых технологий даёт возможность повысить производительность процессов за счет снижения транзакционных издержек связанных с передачей информации [5].

В своей работе Прудников И. А. указывает, что проводить реинжиниринг следует только в том случае, когда это действительно целесообразно, так как любые действия по вмешательству в действующие процессы, несут повышенные риски [6]. Также целесообразно укрупнение операций, что приводит к расширению собственной ответственности сотрудников.

Для более успешного проведения процесса реинжиниринга Тарханова Н.П. в своей работе рекомендует придерживаться следующих принципов: приоритеты и срочность, объединение работ, разнообразие вариантов, сочетание централизации и децентрализации, самостоятельность исполнителей, снижение контроля, оптимизация взаимодействия, минимизация входов, эффективная система мотивации [1].

В процессе реинжиниринга задействуются различные вспомогательные методы для анализа старых процессов и создания их моделей, а также для проектирования новых моделей [7].

Одним из основных принципов реинжиниринга бизнес-процессов (РБП) являет обеспечение всеобщего доступа к информации. Это значит, что каждый пользователь имеет возможность получить информацию из общего хранилища. Одним из инструментов по обеспечению всеобщей доступности информации является внедрение и использование информационно-аналитических платформ [8]. Возможность получать актуальную информацию о происходящих процессах внутри организации является необходимым для принятия обоснованных решений, снижения субъективного фактора.

Для проведения РБП руководство компании назначает руководителя проекта, который собирает команду, состоящую из специалистов тех от-

делов, которые затронет реинжиниринг. Первым этапом работы команды будет, обсуждение действующих процессов в организации и поиск всевозможных комбинаций по трансформации существующих бизнес-процессов. На данном этапе членам команды будут полезны методы из структурированной генерации идей, например: мозговой штурм, метод шести шляп (ролевой анализ), SCAMPER (модификация), обратный мозговой штурм (поиск рисков), метод 6-3-5 (письменная фиксация) и другие. Результатом данного этапа является составление перечня необходимых к перепроектированию процессов, формирование образа, необходимых к внедрению, изменений.

По завершению первого этапа руководитель проекта должен ответить на два вопроса: где мы находимся и куда мы двигаемся. Зафиксированными ответами могут служить два документа. Первый – «Заявление о необходимости начала действий» - описывает ситуацию, положение дел и аргументирует необходимость проведения реинжиниринга. Второй – «Декларация о концепции изменений» - широкими мазками описывает предстоящие изменения.

Так как в «Декларации о концепции изменений» идеи изложены в первом приближении, то для дальнейшей работы группы по разработке и проведению реинжиниринга могут быть полезными методы гибкого управления [9]. Преимущества гибких моделей управления заключаются в том, что изменения целей, приоритетов и методов реализации являются их естественной составляющей, что зачастую бывает полезным при начале разработки проектов с заведомо неизвестным ходом событий. Регулярная оценка происходящего в процессе реинжиниринга позволяет своевременно устранять ошибки в планировании и реализации, а также оперативно направлять процессы трансформации в нужное русло.

Одним из основных этапов реинжиниринга является моделирование бизнес-процессов, при помощи которого создают карту исследуемого процесса, выявляют его ключевые составляющие, необходимые входы и выходы – взаимосвязи с зависимыми и примыкающими процессами. Выделяют следующие основные виды моделирования процессов: функциональное моделирование (бизнес-процесс как набор взаимосвязанных функций, имеющих входные данные и общий конечный результат), процессное моделирование (бизнес-процесс, как комплекс процессов, приводящих к желаемому результату), имитационное моделирование (моделирование поведения процессов в различных внешних и внутренних условиях, при которых в фокусе внимания динамические характеристики процессов и распределение ресурсов) [10].

В своей работе Алхамви О. выделяет следующие этапы процесса реинжиниринга:

1. Составить модель текущих бизнес-процессов, с целью понять, как процесс выполняется в настоящее время.
2. Проанализировать рассматриваемый процесс и его взаимодействие с другими процессами.
3. Выделить абсолютно необходимые шаги процесса. Выявить способы улучшения без потери ценностной составляющей процесса.
4. Создать модель будущего состояния. Разработать новый процесс, призванный решать выявленные недочеты.
5. Внедрить новый процесс [11].

Реинжиниринг является многомерным процессом, и для того, чтобы контролировать проработку каждого этапа необходимо использовать различные инструменты. Одним из таких инструментов может быть использование визуального метода, основанного на использовании «канбан»-досок, на которые сводится информация об этапах реинжиниринга, ответственные за каждый этап, участники, необходимая информация для проведения процесса, необходимые входы и ожидаемые выходы, а также состояние проработки каждого шага [12]. Этот метод позволяет повысить прозрачность воплощения различных процессов при реинжиниринге.

Для моделирования бизнес-процессов широко используют язык проектирования IDEF0, включающий как сам язык, так и методику построения и интерпретации моделей [13], которая позволяет анализировать и понимать процессы, определяет логику изменений, поддерживает проектирование на уровне систем и задач по внедрению.

В своей работе Герасимов К. Б. приводит данные, что около 70% проектов по реинжинирингу не достигают целей, ради которых были призваны. Основной причиной низкого уровня успешных проектов является отсутствие надлежащей методологии [14]. В этой связи организациям следует уделять особое внимание сбору и анализу первичной информации, созданию и анализу моделей существующих бизнес-процессов. В своей работе «Управление процессом реализации проектов по реинжинирингу бизнес-процессов» Герасимов К.Б. говорит о том, что процесс внедрения реинжиниринга состоит из пяти основных этапов, которые далее группирует по трем ключевым фазам: «до» внедрения, этап внедрения, «после» внедрения. В ходе исследования, отмечается 28 мероприятий, входящих в процесс внедрения реинжиниринга, и фиксируется, что различные организации применяют почти аналогичные наборы мероприятий при реинжиниринге своих процессов.

В заключении своей статьи автор приходит к выводу, что ремеслом реинжиниринга бизнес-процессов могут владеть только консультанты по реинжинирингу, услугами которых пользуются крупные организации, способные формировать и содержать собственные команды, специально призванные для таких целей.

Подводя итог, можно утверждать, что чем более консервативной становится технология, тем больше следует говорить не об реинжиниринге, подразумевая его прорывную силу, а об отдельных реинижиринговых приёмах, также называемые реинжиниринговыми ходами. Эти ходы (приёмы), позволяют внедрять улучшения, дающие качественные перестройки в бизнес-процессах, зачастую, не ведущие к кардинальным увеличениям продуктивности, и, тем не менее ведущие к изменению самих процессов и потоков циркуляции информации и ответственности, сопровождаемых сам процесс. В свою очередь, реинжиниринговые ходы группируются в реинижиниринговые методы.

Итак, считаем возможным предложить следующие определения реинжиниринговых ходов и методов.

Реинжиниринговый ход – элементарная единица реинжиниринга, является фактическим осуществлением реинжиниринговой метода.

Метод в реинжиниринге – систематизированная совокупность ходов (приёмов), направленных на достижения определенной цели, решения задачи, получения полезного эффекта.

Методы реинжиниринга включают следующие: анализ внешней среды на предмет выявления перспективных технологий, анализ текущего состояния организации, создание моделей существующих процессов, разработку целевой модели, автоматизация и цифровизация, объединение задач, «сжатие» процессов, расширение доступа к информации, исключение излишней передачи ответственности, и др.

Следует отметить, что положительное влияние реинжиниринга возможно не только на уровне одной организации, но и на уровне пространства национальной экономики [15]. На примере технологии реинжиниринга «Минимизация количества согласований» автор изучает возможность снизить количество согласований и связанные с ними издержки. Авторы в своей статье «Перспективы развития технологии реинжиниринга бизнес-процессов "Следует минимизировать количество согласований" в постиндустриальную эпоху» [15] отмечают, что выгода будет не только от экономии на издержках по операциям согласования, но и от содержания инфраструктуры обеспечивающей согласования. *реинжиниринг бизнес процессов* Рассмотрим некоторые современные реинжиниринговые ходы, примененные одним из лидеров розничной торговли продуктами питания и товаров первой необходимости АО «Продторг». Информация была получена от сотрудника магазина сети.

Первым реинжиниринговым ходом для рассмотрения является «доверительная доставка товаров». Его суть заключается в том, что руководство организации последовало одному из методов реинжиниринга, уменьшить количество проверок, там, где от них можно отказаться. В результате инициаторы реинжиниринга пришли к выводу, что если на распределительном центре (РЦ), где собирают паллеты с товаром для доставки в розничные магазины, один раз проверяют весь товар, то нет необходимости проводить ту же проверку при приёмке товара при разгрузке. Отказ от излишней проверки позволил уменьшить нагрузку на персонал. И вместе с этим проверка, так или иначе, проводится во время разбора паллеты с товаром во время раскладки товара в торговом зале, во время которой рядовой сотрудник может фиксировать недостачу или порчу товара и сообщить в РЦ. Такое улучшение стало возможно благодаря развитию цифровой инфраструктуры, когда, сканируя штрих-коды на упаковке, возможно зафиксировать соответствие наличного товара транспортной накладной, пришедшей с РЦ, а система видеокамер в зоне разгрузки позволяет исключить возможные ошибки как персонала транспортной компании, так и сотрудников магазина при приёме-передаче товаров.

Следующий реинжиниринговый ход был сделан в развитие первого, спустя несколько лет после внедрение «доверительной доставки товаров». Руководство решило, что, имея «доверительную приёмку товара», возможно перейти к «несконтактной доставке товара». Суть реинжинирингового приема «неконтактная доставка товара» заключается в том, что при таком виде доставки не обязательно присутствие сотрудника магазина, а сотрудник транспортной компании получает доступ к зоне разгрузки в любое время суток. Основной выгодой, на первый взгляд, может показаться, что сотрудники магазина вообще не отвлекаются от выполнения их основных обязанностей, но вместе с этим ключевой выгодой становится то, что теперь транспортная компания вообще не привязана

к графику работы магазина или наличия в нем свободных сотрудников для приемки товара, и теперь доставка возможна в любое время суток. Такой реинжиниринговый ход дает возможность оптимизировать логистику доставки товаров – то есть реализовать выгоды, скрытые в самом процессе. Если говорить об эффективности данного метода, то можно отметить сокращение издержек на 9% и рост прибыли на 13% за счет только оптимизации логистики в компании.

Выводы

В данной работе была сделана попытка раскрыть понятие реинжиниринга бизнес-процессов через призму спадающей ветви современного технологического уклада – компьютеризации и цифровизации.

Также был рассмотрен вопрос возможности проведения реинжиниринга по модели Хамера и Чампи в современных условиях.

В процессе исследования выявили, что чем более консервативной становится технология, тем меньше конкурентных преимуществ дает такая технология при внедрении её в процессе реинжиниринга.

Продолжением данной работы могло бы быть формирование списка типовых методов реинжиниринга, а также наполнением их типовыми реинжиниринговыми ходами и приемами, основанными на положительных примерах проведения реинжиниринга бизнес процессов. Подобный список методов и типовых ходов помогут управленцам, вступающим на путь реинжиниринга, проводить изменения более продуктивно и планово.

Литература

1. Тарханова, Н. А. Жизненный цикл проекта реинжиниринга бизнес- процессов предприятия: анализ теории и практики / Н. А. Тарханова, А. А. Тимошко // Экономика строительства и городского хозяйства. – 2024. – Т. 20, № 4. – С. 275-285. – DOI 10.71536/esgh.2024.v20n4.1. – EDN KZRBCM.
2. Чижова, Н. Е. Особенности реинжиниринга бизнес-процессов / Н. Е. Чижова // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. – 2022. – № 3. – С. 214-220. – EDN LGOYPP.
3. Кузьмин, А. Д. реинжиниринг бизнес-процессов / А. Д. Кузьмин // Вестник науки. – 2022. – Т. 4, № 7(52). – С. 25-29. – EDN DGCTKZ.
4. Аблитаров, Э. Р. Модификация реинжиниринга бизнес-процессов предприятия / Э. Р. Аблитаров // Экономика и парадигма нового времени. – 2024. – № 10(31). – С. 40-46. – EDN FZOMXG.
5. Ковтун, Е. Н. Цифровизация технологического инжиниринга и реинжиниринга / Е. Н. Ковтун, Р. В. Молчанова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 3, № 2(134). – С. 17-23. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.02.03.003. – EDN JFGBHH.
6. Прудников, И. А. Реинжиниринг бизнес-процессов предприятия в условиях турбулентной среды / И. А. Прудников // Путеводитель предпринимателя. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 57-62. – DOI 10.24182/2073-9885-2022-15-2-57-62. – EDN RPFIRP.
7. Чуковский, В. В. Основы реинжиниринга бизнес-процессов как фактор развития российских предприятий / В. В. Чуковский // Вестник Московской международной академии. – 2022. – № 2. – С. 220-223. – EDN CBOVTA.
8. Латфуллин, Г. Р. Интеграция информационно-аналитических платформ в проекты реинжиниринга бизнес-процессов / Г. Р. Латфуллин, Д. В. Белов // Актуальные вопросы современной экономики. – 2025. – № 7. – С. 863-866. – EDN RFCFPG.
9. Белов, Д. В. Гибкие методологии управления проектами реинжиниринга бизнес-процессов / Д. В. Белов // Экономика и безопасность. – 2025. – № 6. – С. 5-7. – EDN SVSLIL.
10. Румянцева, Ю. В. Реинжиниринг и моделирование бизнес-процессов / Ю. В. Румянцева, Т. И. Никитина // Инновационная экономика и право. – 2022. – № 1(20). – С. 78-82. – DOI 10.53015/2782-263X_2022_1_78. – EDN FGSZTN.
11. Алхамви, О. Управление и реинжиниринг бизнес-процессов как организационные подходы / О. Алхамви, Л. А. Геращенко // Наукосфера. – 2024. – № 5-1. – С. 402-408. – DOI 10.5281/zenodo.11144597. – EDN AXTETG.
12. Канбан система для оптимизации потока работ и документации в аналитической лаборатории фармацевтического предприятия / И. А. Долматович, Ю. А. Фомина, А. К. Джальчинова, Д. Э. Фомина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2026. – Т. 10, № 1(166). – С. 199-209. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2026.01.10.021. – EDN ORZCMW.
13. Нигматзянова, Л. Р. Реинжиниринг производственных процессов по нотации IDEF0 / Л. Р. Нигматзянова, А. В. Напойкина, Д. А. Шакирова // Агентство "Слияния и Поглощения". – 2023. – № 2(17). – С. 27-29. – EDN SJEONI.
14. Герасимов, К. Б. Управление процессом реализации проектов по реинжинирингу бизнес-процессов / К. Б. Герасимов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2023. – № 3. – С. 60-69. – DOI 10.17586/2310-1172-2023-16-3-60-69. – EDN BEYZHS.
15. Перспективы развития технологии реинжиниринга бизнес-процессов "Следует минимизировать количество согласований" в постиндустриальную эпоху / А. В. Тебекин, П. А. Тебекин, А. А. Егорова, Р. В. Егоров // Стратегии бизнеса. – 2022. – Т. 10, № 12. – С. 311-316. – DOI 10.17747/2311-7184-2022-12-311-316. – EDN CLYRDX.
16. Hammer M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. 1990. URL: https://folk.idi.ntnu.no/thomasos/paper/hammer_reengineering.pdf (дата обращения: 18.04.2026).
17. Мусатова, Т. Е. Эволюция технологических и экономических волновых укладов / Т. Е. Мусатова, А. Н. Усатенко // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 448. – EDN VIDZYX.

Business Process Reengineering: New Opportunities in the Modern World

Guseva M.N., Lishtaba A.V.
State University of Management

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The focus of this article is on the definition of business process reengineering. The purpose of the article was to consider at the conceptual level the definitions of the concept of "business process reengineering", and the possibility of reengineering from the point of view of the concept of technological structures. The article attempts to define business process reengineering, reflecting the spirit of the era of computerization and digitalization. It was also proposed to use the concept of a reengineering move (technique) as an elementary unit of reengineering methods. It has been revealed that on the downward branch of technology development, when they gradually turn into conservative, reengineering of business processes is not possible in full, as it was implied by the author of the concept of reengineering business processes, and it is more appropriate to talk about the application of individual moves or techniques. Such techniques change the process qualitatively, which is fully consistent with the idea of reengineering, although they do not lead to significant gains

Keywords: reengineering, technological paradigm, innovation, process optimization, digitalization, reengineering approach.

References

1. Tarkhanova, N. A. Life cycle of an enterprise business process reengineering project: analysis of theory and practice / N. A. Tarkhanova, A. A. Timoshko // Economics of construction and urban economy. - 2024. - Vol. 20, No. 4. - Pp. 275-285. - DOI 10.71536/esgh.2024.v20n4.1. - EDN KZRBCM.
2. Chizhova, N. E. Features of business process reengineering / N. E. Chizhova // Bulletin of Donetsk National University. Series B. Economics and Law. - 2022. - No. 3. - Pp. 214-220. - EDN LGOYPP.
3. Kuzmin, A. D. Business process reengineering / A. D. Kuzmin // Science Bulletin. – 2022. – Vol. 4, No. 7(52). – P. 25-29. – EDN DGCTKZ.
4. Ablitarov, E. R. Modification of enterprise business process reengineering / E. R. Ablitarov // Economy and paradigm of the new time. – 2024. – No. 10(31). – P. 40-46. – EDN FZOMXG.
5. Kovtun, E. N. Digitalization of technological engineering and reengineering / E. N. Kovtun, R. V. Molchanova // Economy and management: problems, solutions. – 2023. – Vol. 3, No. 2(134). – P. 17-23. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.02.03.003. – EDN JFGBHH.
6. Prudnikov, I. A. Reengineering of enterprise business processes in a turbulent environment / I. A. Prudnikov // Entrepreneur's Guide. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – Pp. 57-62. – DOI 10.24182/2073-9885-2022-15-2-57-62. – EDN RPFIRP.
7. Chukovsky, V. V. Fundamentals of business process reengineering as a factor in the development of Russian enterprises / V. V. Chukovsky // Bulletin of the Moscow International Academy. – 2022. – No. 2. – Pp. 220-223. – EDN CBOVTA.
8. Latfullin, G. R. Integration of information and analytical platforms into business process reengineering projects / G. R. Latfullin, D. V. Belov // Current issues of modern economics. – 2025. – No. 7. – Pp. 863-866. – EDN RFCFPG.
9. Belov, D. V. Flexible methodologies for managing business process reengineering projects / D. V. Belov // Economy and Security. – 2025. – No. 6. – Pp. 5-7. – EDN SVSLIL.
10. Rumyantseva, Yu. V. Business process reengineering and modeling / Yu. V. Rumyantseva, T. I. Nikitina // Innovative economics and law. – 2022. – No. 1(20). – P. 78-82. – DOI 10.53015/2782-263X_2022_1_78. – EDN FGSZTN.
11. Alhamvi, O. Management and reengineering of business processes as organizational approaches / O. Alhamvi, L. A. Gerashchenko // Naukosphere. – 2024. – No. 5-1. – P. 402-408. – DOI 10.5281/zenodo.11144597. – EDN AXTETG.
12. Kanban system for optimizing workflow and documentation in the analytical laboratory of a pharmaceutical enterprise / I. A. Dolmatovich, Yu. A. Fomina, A. K. Dzhalchinova, D. E. Fomina // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2026. – T. 10, No. 1(166). – pp. 199-209. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2026.01.10.021. – EDN ORZCMW.
13. Nigmatzyanova, L. R. REENGINEERING PRODUCTION PROCESSES USING IDEF0 NOTATION / L. R. Nigmatzyanova, A. V. Napoikina, D. A. Shakirova // Mergers and Acquisitions Agency. – 2023. – No. 2(17). – pp. 27-29. – EDN SJEONI.
14. Gerasimov, K. B. Managing the implementation process of business process reengineering projects / K. B. Gerasimov // Scientific journal of NRU ITMO. Series: Economics and environmental management. - 2023. - No. 3. - Pp. 60-69. - DOI 10.17586/2310-1172-2023-16-3-60-69. - EDN BEYZHS.
15. Prospects for the development of business process reengineering technology "The number of approvals should be minimized" in the post-industrial era / A. V. Tebekin, P. A. Tebekin, A. A. Egorova, R. V. Egorov // Business strategies. - 2022. - Vol. 10, No. 12. - Pp. 311-316. – DOI 10.17747/2311-7184-2022-12-311-316. – EDN CLYRDX.

Этапная модель агрегирования рисков стартап-проектов медицинского искусственного интеллекта

Евстафьев Георгий Дмитриевич
магистр кафедры менеджмента в энергетике и промышленности, Национальный исследовательский университет «МЭИ», geor.2000@yandex.ru,

Мызникова Марина Николаевна
канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента в энергетике и промышленности, Национальный исследовательский университет «МЭИ», MyznikovaMN@mpei.ru

Статья посвящена разработке этапной модели оценки рисков стартап-проектов медицинского искусственного интеллекта. Актуальность темы связана с тем, что такие проекты одновременно зависят от качества данных, клинической воспроизводимости, регуляторного режима и финансовой устойчивости, а обычные линейные скоринговые схемы слабо отражают каскадный характер этих рисков. Цель исследования состоит в формировании интерпретируемой модели, позволяющей учитывать обновление вероятностей по мере поступления новых данных, взаимное усиление риск-блоков и тяжёлые хвостовые потери. Методологическую основу составляют байесовское обновление вероятностей, двухаддитивный интеграл Шоке и условная величина риска CVaR. В работе предложены формулы частного, этапного и интегрального риска, приведены параметры модели, алгоритм расчёта, числовой пример для этапа клинической валидации и схема настройки предельного значения риска. Показано, что гибридная конструкция «Байес - Шоке - CVaR» позволяет использовать риск-индекс не только как аналитическую оценку, но и как элемент управленческого решения о продолжении, условном продолжении или приостановке проекта.

Ключевые слова: медицинский искусственный интеллект, стартап-проект, управление рисками, интеграл Шоке, CVaR, байесовское обновление, клиническая валидация, регуляторный риск.

Введение

Медицинский искусственный интеллект отличается от большинства цифровых продуктов тем, что его ценность подтверждается не только технической работоспособностью алгоритма, но и клинической воспроизводимостью, безопасностью применения, качеством исходных данных, правомерностью обработки медицинской информации и способностью проекта пройти регуляторный контур [6; 10; 11]. Для стартапа это означает, что риск возникает не в одной точке, а распределяется по всей траектории развития: от прототипа и первой внутренней проверки до клинической валидации, регистрации и вывода продукта на рынок.

На практике риски медицинского ИИ редко действуют изолированно. Ошибка в структуре датасета может снизить переносимость модели, затем вызвать необходимость дополнительной клинической проверки и, наконец, привести к сдвигу сроков регистрации и росту расходов. Поэтому для управления такими проектами недостаточно оценивать среднюю ожидаемую потерю или рассчитывать простую сумму баллов. Требуется модель, которая сохраняет понятность для проектного офиса и инвестора, но при этом учитывает обновление информации, взаимное усиление факторов и тяжёлые сценарии потерь [1; 3].

Цель исследования - предложить этапную модель агрегирования рисков стартап-проектов медицинского ИИ, пригодную для принятия управленческих решений о переходе между стадиями проекта. Для достижения цели решены следующие задачи: выделены ключевые риск-блоки медицинского ИИ; обоснован выбор неаддитивного агрегатора; формализованы частный, этапный и интегральный показатели риска; показан числовой пример; описана настройка предельного значения риска и контур последующей валидации модели.

Объектом исследования выступает система управления рисками стартап-проекта медицинского ИИ, а предметом - методы этапного агрегирования вероятностных, клинических, регуляторных и финансовых факторов риска. Методологическая база включает сравнительный анализ существующих риск-моделей, формализацию этапной структуры проекта, элементы байесовского вывода, неаддитивное многокритериальное агрегирование и сценарный анализ потерь. Такая постановка позволяет рассматривать риск не как единовременную экспертную оценку, а как показатель, меняющийся по мере накопления доказательств и управленческих сигналов.

Практическая гипотеза работы состоит в том, что для медицинского ИИ критичным является не только уровень отдельных рисков, но и их сочетание. Например, умеренный дата-риск может быть приемлемым на стадии прототипа, однако при одновременном росте клинического и регуляторного риска он становится фактором задержки регистрации и перерасхода бюджета. Поэтому модель должна показывать не только итоговый индекс, но и причину его изменения.

1. Практическая постановка проблемы и обзор подходов

В управлении инновационными проектами обычно применяются несколько типов риск-моделей. Модель ожидаемой потери удобна для быстрых расчётов, но предполагает, что вероятность и ущерб можно свести к одному усреднённому показателю. FMEA и FMECA полезны при анализе отказов и технологических процессов, однако плохо отражают длинную траекторию медицинского ИИ, где техническая, клиническая и регуляторная неопределённость последовательно влияют друг на друга [4; 5]. Многокритериальные методы, включая AHP и взвешенную сумму, повышают прозрачность экспертного обсуждения, но сохраняют предпосылку аддитивности.

Для рассматриваемой предметной области более продуктивной является комбинация трёх элементов. Байесовское обновление позволяет пересматривать вероятность риска после появления нового сигнала: аудита датасета, внешней валидации, предварительной регуляторной оценки или коммерческого отклика. Интеграл Шоке вводит неаддитивную агрегацию и делает видимыми синергетические пары, например «клинический риск - регуляторный риск» или «риск данных - клинический риск» [1; 2]. CVaR выделяет хвостовую часть распределения потерь, где находятся редкие, но критичные для стартапа события: повторная валидация, задержка регистрации, перерасход бюджета или срыв первого контракта [3].

В отличие от простой шкальной оценки, предлагаемая комбинация сохраняет возможность экспертного применения, но снижает риск избы-

точного упрощения. Байесовский блок отвечает за динамику вероятности, интеграл Шоке - за взаимодействие риск-блоков, а CVaR - за те сценарии, которые редко реализуются, но при наступлении резко меняют экономику проекта. Для стартапа это принципиально: единичное неблагоприятное событие на поздней стадии может оказаться более значимым, чем несколько небольших отклонений на этапе разработки.

В медицинском ИИ такая логика согласуется с современными требованиями к прозрачности разработки, клинической оценке и воспроизводимому описанию моделей. Руководства TRIPOD+AI, DECIDE-AI, PROBAST+AI и STARD-AI подчёркивают необходимость проверяемого описания данных, клинических сценариев, ограничений модели и риска систематической ошибки [7-9; 12]. Следовательно, модель управленческого риска должна быть не только математически корректной, но и объяснимой для лиц, принимающих решение.

Таблица 1
Сравнение подходов к оценке проектного риска

Модель	Сильная сторона	Ограничение для медицинского ИИ
Ожидаемая потеря	Быстрый расчёт и понятная экономическая логика	Не отражает зависимость рисков и тяжёлые хвостовые события
FMEA / FMECA	Подходит для картирования отказов и процессов	Зависит от экспертных шкал, слабо учитывает этапность проекта
Взвешенная сумма / AHP	Прозрачна для согласования критериев	Предполагает аддитивность и независимость факторов
Байесовские сети	Позволяют обновлять вероятности и описывать причинность	Требуют развитой статистической базы и сложной настройки
Монте-Карло + VaR/CVaR	Показывает распределение и хвост потерь	Не заменяет содержательную структуру риск-блоков
Байес - Шоке - CVaR	Сочетает динамику, взаимодействия и хвостовую поправку	Нуждается в экспертной калибровке и эмпирической проверке

2. Структура модели

Пусть проект проходит T стадий: прототипирование, клиническую валидацию, регистрацию и вывод на рынок. На каждой стадии оцениваются четыре базовых риск-блока: риск данных, клинический риск, регуляторный риск и рыночно-финансовый риск. Такой состав является минимально достаточным для стартапа медицинского ИИ, поскольку связывает качество обучающей и валидационной базы, доказательность клинического применения, соответствие требованиям регистрации программного обеспечения как медицинского изделия и устойчивость коммерческой модели [10; 11].

Декомпозиция на стадии необходима потому, что один и тот же риск имеет разный управленческий смысл на разных этапах. Риск данных на стадии прототипирования связан прежде всего с полнотой, разметкой и техническим качеством обучающей выборки. На стадии клинической валидации тот же блок уже выражает переносимость модели, устойчивость метрик на внешнем контуре и отсутствие клинически значимых смещений. На стадии регистрации риск данных влияет на доказательную базу, состав досье и возможность обосновать безопасность применения.

Для i-го риск-блока на t-й стадии задаются априорная вероятность неблагоприятного события p_it^prior, коэффициент правдоподобия нового сигнала LR_it, сила воздействия I_it и управляемость C_it. Управляемость трактуется как способность команды снизить риск за счёт организационных, технических или ресурсных мер. Все показатели, кроме LR_it, нормируются в интервале от 0 до 1.

Априорная вероятность корректируется по формуле Байеса:

p_it^post = (p_it^prior · LR_it) / (1 - p_it^prior + p_it^prior · LR_it), (1)

где p_it^post - апостериорная вероятность риска после учёта нового сигнала. Если LR_it больше 1, новая информация усиливает оценку риска; если LR_it меньше 1, риск снижается; при LR_it = 1 оценка остаётся без изменений.

Частный риск-балл рассчитывается как:

r_it = (p_it^post)^α · I_it^β · (1 - C_it)^γ, (2)

Параметры α, β и γ задают чувствительность индекса к вероятности, силе воздействия и управляемости. В числовом примере используется настройка α = 0,5; β = 0,4; γ = 0,1. Она подчёркивает приоритет вероятности и тяжести последствий, но не исключает влияние управляемости.

Значения показателей чувствительности не являются универсальными. Они должны выбираться в зависимости от профиля организации и типа медицинского ИИ-решения. Для диагностической системы с высоким влиянием на клиническое решение может быть усилен вклад I_it, тогда как для раннего исследовательского прототипа допустимо большее внимание к вероятности и управляемости риска. В этом смысле формула (2) является не только расчётной, но и управленческой: она фиксирует, какие характеристики риска считаются наиболее значимыми при принятии решения.

Этапная структурная компонента определяется через двухаддитивный интеграл Шоке:

Ch_μ(r_t) = Σ w_i r_it + Σ I_ij min(r_it, r_jt), (3)

где w_i - базовый вес риск-блока, а I_ij - коэффициент взаимодействия пары рисков. Положительное значение I_ij означает синергию, отрицательное - частичное замещение.

Хвостовой риск оценивается по сценариям потерь L_t:

CVaR_q(L_t) = E[L_t | L_t ≥ VaR_q(L_t)] / L_max. (4)

Итоговый риск стадии и интегральный риск проекта имеют вид:

R_t = λ · Ch_μ(r_t) + (1 - λ) · CVaR_q(L_t), (5)

R_proj = Σ ω_t R_t, Σω_t = 1. (6)

Параметр λ показывает баланс между структурной оценкой риск-блоков и стресс-сценарной оценкой потерь. Веса ω_t отражают относительную критичность стадий жизненного цикла проекта.

Таблица 2
Параметры модели

Параметр	Смысл	Практический источник
p_it^prior	исходная вероятность риска	ретроспективные кейсы, экспертная оценка
LR_it	сила нового сигнала	аудит данных, внешняя проверка, регуляторная обратная связь
I_it	тяжесть последствий	шкала ущерба от 0 до 1
C_it	управляемость	готовность компенсирующих мер
w_i	базовый вес риск-блока	экспертное согласование или статистическая оценка
I_ij	взаимодействие пары рисков	калибровка на кейсах или экспертная панель
q	уровень хвоста CVaR	обычно 0,75-0,95
λ	баланс структурного и хвостового риска	чувствительный анализ
ω_t	вес стадии проекта	значимость этапа для проекта

3. Алгоритм расчёта и управленческая интерпретация

Расчёт выполняется последовательно. Сначала проектная команда определяет стадию проекта и фиксирует перечень риск-блоков. Затем по каждому блоку задаются p_it^prior, LR_it, I_it и C_it. На третьем шаге рассчитывается апостериорная вероятность и частный риск-балл. На четвёртом шаге задаются веса и взаимодействия, после чего вычисляется структурная компонента через интеграл Шоке. Далее формируется набор сценариев потерь и рассчитывается CVaR. На последнем шаге получается R_t и, при наличии нескольких стадий, интегральный показатель R_proj.

Главная управленческая особенность модели состоит в том, что итоговый балл не маскирует источник риска. Руководитель проекта видит, какая часть оценки связана с отдельными риск-блоками, какая - с их взаимодействиями, а какая - с хвостовыми сценариями. Поэтому модель может применяться в формате проектного комитета: решение о переходе на следующую стадию сопровождается перечнем обязательных мероприятий, сроками повторной оценки и ответственными лицами.

В результате модель может использоваться как рабочий инструмент проектного комитета. На каждом контрольном рубеже команда обновляет входные параметры, получает новое значение риска и сравнивает его с установленным порогом. Это позволяет отделить проекты, которые действительно нуждаются в остановке или пересборке доказательной базы, от проектов, где достаточно точечных компенсирующих мероприятий.

Практический эффект особенно важен на границе клинической валидации и регистрации. Если риск данных усиливает клинический риск, первоочередными мерами становятся расширение внешней выборки, проверка смещения, пересмотр критериев включения и уточнение целевого сценария применения. Если доминирует регуляторная связка, фокус переносится на состав доказательной документации, трассируемость версий модели, протокол оценки безопасности и коммуникацию с экспертным контуром [10; 11].

4. Числовой пример для этапа клинической валидации

Этап клинической валидации выбран как пример, поскольку именно на нём техническая гипотеза должна быть преобразована в проверяемый клинический результат. Недостаточно показать приемлемую метрику на внутреннем наборе данных: необходимо подтвердить устойчивость на независимой выборке, сопоставить выводы с медицинским сценарием и подготовить доказательную базу для дальнейшего регуляторного продвижения.

Далее задаются веса: w_дан = 0,25; w_кл = 0,30; w_рег = 0,30; w_рын = 0,15. Для взаимодействий принимаются I_клин,рег = 0,08; I_дан,клин = 0,05; I_дан,рег = 0,04. При этих условиях структурная компонента этапа составляет 0,524. Наиболее значимая нелинейная добавка формируется парой «клинический риск - регуляторный риск», что соответствует практике медицинского ИИ: слабая клиническая доказательность почти всегда осложняет последующий регистрационный контур.

Таблица 3
Расчёт частных риск-баллов для клинической валидации

Риск-блок	p^prior	LR	p^post	I	C	r_it
Данные	0,35	1,30	0,412	0,75	0,55	0,517
Клинический	0,25	1,80	0,375	0,95	0,45	0,561
Регуляторный	0,30	1,60	0,407	0,95	0,40	0,592
Рыночно-финансовый	0,20	1,20	0,231	0,70	0,55	0,389

Для хвостовой оценки заданы стресс-сценарии потерь, млн руб.: 8; 12; 15; 18; 25. При q = 0,80 нормированный CVaR равен 0,560. Если λ = 0,75, то итоговый риск этапа R_t равен 0,535. Такое значение не означает автоматического прекращения проекта, но требует адресного плана снижения риска перед переходом к следующей стадии.

Таблица 4
Этапные значения риска проекта

Этап	Структурная компонента	Хвостовая компонента	Итоговый риск
Прототипирование	0,429	0,280	0,384
Клиническая валидация	0,524	0,560	0,535
Регистрация и вывод на рынок	0,479	0,687	0,541

При весах стадий ω_1 = 0,25; ω_2 = 0,40; ω_3 = 0,35 интегральный риск проекта составляет 0,488. Значение указывает на умеренно высокий уровень риска: проект может сохранять инвестиционную и клиническую привлекательность, но требует усиленного контроля клинической и регистрационной частей.

Полученный интегральный показатель не должен заменять этапную расшифровку. Два проекта с одинаковым R_proj могут требовать разных действий: в одном случае риск формируется хвостовыми потерями регистрации, в другом - слабой переносимостью модели ещё до клинического контура. Поэтому итоговый индекс целесообразно сопровождать таблицей вкладов по стадиям и блокам риска.

5. Настройка предельного значения риска

Для практического применения модели необходимо определить предельное значение R*. Его не следует понимать как универсальную математическую константу. Это управленческий норматив, который связывает расчётный индекс с конкретным решением: продолжить проект, продолжить при выполнении компенсирующих мероприятий либо приостановить продвижение до устранения критических уязвимостей.

Настройка R* должна учитывать три группы факторов. Первая - цена ошибки: задержка регистрации, повторная клиническая проверка, перерасход бюджета или потеря партнёра имеют разную критичность для разных организаций. Вторая - зрелость проекта: на ранней стадии допустим более широкий коридор неопределённости, а перед регистрацией порог должен быть строже. Третья - доступность компенсирующих мер: если команда способна быстро закрыть выявленный разрыв, допустим условный переход с повторной оценкой.

В прикладной работе порог R* желательно калибровать не только экспертно, но и по фактической истории проектов: срокам прохождения стадий, числу существенных доработок, объёму дополнительных расходов и результатам внешней проверки. Если такой базы ещё нет, допустимо начать с экспертного диапазона, но затем уточнять его после каждого завершённого проекта. Это превращает модель из статичной методики в самообновляемый управленческий контур.

В прикладном варианте целесообразна трёхзонная шкала. При $R_t \leq 0,35$ риск считается приемлемым, и переход к следующей стадии возможен в штатном режиме. При $0,35 < R_t \leq 0,55$ риск является контролируемым, но требует плана снижения и повторного расчёта. При $R_t > 0,55$ переход без доработок нежелателен, поскольку сочетание вероятности, тяжести последствий и хвостовых потерь становится управленчески значимым. Для R_proj границы могут корректироваться в зависимости от стратегии: инвестиционный отбор обычно использует более жёсткий порог, а исследовательская организация может сохранять более рискованные проекты при высокой потенциальной клинической ценности.

6. Валидация и ограничения модели

Перед внедрением модель должна пройти не только математическую, но и организационную проверку. Валидация включает согласование состава риск-блоков, проверку согласованности экспертных оценок, сопоставление рассчитанного риска с фактическими исходами и анализ чувствительности к λ, q, весам и взаимодействиям.

Содержательная валидация необходима для проверки самого перечня риск-блоков и взаимодействий между ними. Надёжность экспертной оценки показывает, насколько согласованно разные эксперты задают параметры модели. Предиктивная валидация отвечает на ключевой практический вопрос: связаны ли рассчитанные значения риска с фактическими задержками, доработками, перерасходом бюджета или отказом от перехода к следующей стадии. Без такого сопоставления модель может оставаться логически стройной, но недостаточно подтверждённой эмпирически.

Таблица 5
Контур валидации модели

Вид проверки	Содержание	Возможные метрики / процедуры
Содержательная	проверка состава рисков и взаимодействий	экспертная панель, метод Дельфи
Надёжность оценок	устойчивость оценок между экспертами	коэффициент конкордации Кендалла, ICC
Предиктивная	связь индекса с фактическими исходами	AUC, Brier score, MAE, калибровочный наклон
Временная	проверка на разных окнах проекта	скользящая валидация
Внешняя	проверка в другой организации или портфеле проектов	внешняя валидация
Робастность	чувствительность к параметрам модели	стресс-тестирование, сценарный анализ

Основное ограничение модели состоит в зависимости от качества исходной экспертной калибровки. Если у организации нет ретроспективной базы проектов, значения p_it^prior, I_it, C_it и I_ij могут отражать не фактическую структуру риска, а субъективные предпочтения участников обсуждения. Это ограничение снижается за счёт протоколирования экспертных расхождений, регулярного пересмотра параметров и накопления данных о фактических задержках, доработках и финансовых последствиях.

Второе ограничение связано с внешней изменчивостью: регуляторные требования, рынок медицинских ИИ-решений и доступность клинических данных могут меняться скачкообразно. Поэтому модель должна использоваться не как разовый расчёт, а как часть повторяемого мониторинга. При появлении новых сигналов вероятности и сценарии потерь должны пересматриваться.

Заключение

Предложена этапная модель агрегирования рисков стартап-проектов медицинского искусственного интеллекта, объединяющая байесовское обновление вероятностей, двухаддитивный интеграл Шоке и хвостовую оценку потерь через CVaR. Такая конструкция преодолевает ключевое ограничение линейного скоринга: она учитывает, что дата-риск, клинический риск, регуляторный риск и рыночно-финансовый риск способны усиливать друг друга на разных стадиях проекта.

Числовой пример показывает, что модель даёт интерпретируемые частные, этапные и интегральные оценки. Для управленческой практики это позволяет не только ранжировать источники риска, но и формировать условия перехода между стадиями: штатное продолжение, условное продолжение при выполнении плана снижения риска или приостановка проекта.

Научная новизна работы состоит в объединении неаддитивного многокритериального агрегирования и хвостовой оценки потерь в единой этапной схеме для проектов медицинского ИИ. Практическая значимость заключается в возможности использовать риск-индекс в проектном офисе, инвестиционном комитете или медицинской организации при оценке готовности продукта к клинической валидации, регистрации и выводу на рынок. Дальнейшие исследования целесообразно направить на эмпирическую калибровку коэффициентов взаимодействия и сравнение расчётных оценок с фактическими исходами реальных проектов.

Литература

1. Шоке Ж. Теория ёмкостей // Annales de l'Institut Fourier. 1954. Т. 5. С. 131-295.

2. Grabisch M., Labreuche C. A decade of application of the Choquet and Sugeno integrals in multi-criteria decision aid // Annals of Operations Research. 2010. Vol. 175. P. 247-286.

3. Rockafellar R. T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk for general loss distributions // Journal of Banking & Finance. 2002. Vol. 26. No. 7. P. 1443-1471.

4. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.

5. IEC 60812:2018. Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA). Geneva: IEC, 2018. 144 p.

6. ГОСТ ISO 14971-2021. Изделия медицинские. Применение менеджмента риска к медицинским изделиям. М.: Стандартинформ, 2021. 44 с.

7. Collins G. S. et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods // BMJ. 2024. Vol. 385. e078378.

8. Vasey B. et al. DECIDE-AI: new reporting guidelines to bridge the development-to-implementation gap in clinical artificial intelligence // Nature Medicine. 2022. Vol. 28. P. 186-187.

9. Moons K. G. M. et al. PROBAST+AI: a tool to assess risk of bias and applicability of prediction model studies using artificial intelligence // BMJ. 2025. Vol. 388. e078378.

10. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2024 № 1684 «Об утверждении Правил государственной регистрации медицинских изделий».

12. Sounderajah V. et al. STARD-AI: standards for reporting diagnostic accuracy studies involving artificial intelligence // Nature Medicine. 2025.

Stage-based model for aggregating risks of medical artificial intelligence start-up projects

Evstafiev G.D., Myznikova M.N.
National Research University “Moscow Power Engineering Institute”

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article develops a stage-based risk assessment model for start-up projects in medical artificial intelligence. The relevance of the study is determined by the fact that such projects depend simultaneously on data quality, clinical reproducibility, regulatory requirements and financial sustainability, whereas simple linear scoring schemes do not adequately represent the cascading nature of these risks. The aim of the study is to construct an interpretable model that accounts for probability updating as new evidence appears, interaction between risk blocks and severe tail losses. The methodological basis includes Bayesian probability updating, the two-additive Choquet integral and Conditional Value-at-Risk. The paper presents formulas for partial, stage and integral project risk, describes model parameters and a calculation procedure, gives a numerical example for clinical validation and proposes an approach to setting a threshold risk value. It is shown that the hybrid “Bayes - Choquet - CVaR” design can be used not only as an analytical estimate but also as a managerial tool for deciding whether a project should proceed, proceed conditionally or be suspended.

Keywords: medical artificial intelligence, start-up project, risk management, Choquet integral, CVaR, Bayesian updating, clinical validation, regulatory risk.

References

1. Choquet G. Theory of capacities // Annales de l'Institut Fourier. 1954. Vol. 5. pp. 131-295.
2. Grabisch M., Labreuche C. A decade of application of the Choquet and Sugeno integrals in multi-criteria decision aid // Annals of Operations Research. 2010. Vol. 175. pp. 247-286.
3. Rockafellar R. T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk for general loss distributions // Journal of Banking & Finance. 2002. Vol. 26. No. 7. pp. 1443-1471.
4. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.
5. IEC 60812:2018. Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA). Geneva: IEC, 2018. 144 p.
6. GOST ISO 14971-2021. Medical devices. Application of risk management to medical devices. Moscow: Standartinform, 2021. 44 p. (in Russ.).
7. Collins G. S. et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods // BMJ. 2024. Vol. 385. e078378.
8. Vasey B. et al. DECIDE-AI: new reporting guidelines to bridge the development-to-implementation gap in clinical artificial intelligence // Nature Medicine. 2022. Vol. 28. pp. 186-187.
9. Moons K. G. M. et al. PROBAST+AI: a tool to assess risk of bias and applicability of prediction model studies using artificial intelligence // BMJ. 2025. Vol. 388. e078378.
10. Federal Law No. 323-FZ of 21.11.2011 “On the fundamentals of health protection of citizens in the Russian Federation” (in Russ.).
11. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1684 of 30.11.2024 “On approval of the Rules for state registration of medical devices” (in Russ.).
12. Sounderajah V. et al. STARD-AI: standards for reporting diagnostic accuracy studies involving artificial intelligence // Nature Medicine. 2025.

Новый потребительский патриотизм: лояльность как стратегический ресурс маркетинга в условиях импортозамещения (на примере рынка продуктов питания)

Зверев Андрей Владимирович
аспирант, факультет экономики и управления, Московская международная академия, andreyzverev98@gmail.com

В статье исследуется феномен массовой лояльности российских потребителей к отечественным продуктам питания, сформировавшийся после 2022 года. Автор вводит и обосновывает понятие «нового потребительского патриотизма», которое, в отличие от классического этноцентризма в потреблении, имеет не идеологическую, а прагматическую природу. На основе контент-анализа коммуникаций двенадцати крупных российских FMCG-брендов и онлайн-опроса 207 респондентов выделены три ключевых фактора лояльности: доверие к безопасности локальных продуктов, привыкание к вынужденной замене и чувство микросоциальной солидарности. Показано, что разные сегменты потребителей по-разному реагируют на четыре выявленные коммуникационные стратегии брендов — прозрачности происхождения, локальной ответственности, аутентичности традиции и технологического суверенитета. В заключении обосновывается смена маркетинговой парадигмы: от классической модели привлечения внимания к модели управления лояльностью через легитимацию бренда как «своего» и «достойного» выбора.
Ключевые слова: потребительский патриотизм; импортозамещение; маркетинг лояльности; FMCG; бренд; легитимация; контент-анализ; потребительские сегменты.

Санкционные ограничения, введённые в 2022 году, и последовавший за этим массовый уход иностранных производителей с российского рынка продуктов питания привели к изменениям, которые ещё несколько лет назад казались немыслимыми. За относительно короткий период доля отечественных брендов в натуральном выражении на полках российских магазинов выросла с 71 до 82 процентов, а в таких категориях, как молочная продукция и мясные полуфабрикаты, превысила 90 процентов. При этом, по данным исследовательских компаний NielsenIQ и Romir, индекс потребительской лояльности к российским брендам вырос почти на четверть, а чувствительность покупателей к цене, вопреки ожиданиям, заметно снизилась.

Эти цифры ставят перед исследователями принципиальный вопрос. Произошло ли всё это просто потому, что импортных товаров больше нет на полках и у потребителя не осталось выбора? Или за наблюдаемым сдвигом стоят более глубокие социально-психологические механизмы, трансформировавшие саму логику потребительского выбора? Если верно второе, то перед маркетологами и руководителями российских продуктовых компаний открывается не краткосрочная возможность занять освободившуюся полку, а долгосрочный структурный сдвиг, который может изменить расстановку сил на рынке на годы вперёд.

Анализ научной литературы показывает, что основное внимание исследователей сегодня сосредоточено на макроэкономических последствиях импортозамещения, на реорганизации логистики и на технологической адаптации производства. Маркетинговый аспект, как правило, рассматривается в прикладном ключе: речь идёт о ценовых акциях, расширении ассортимента, переговорах с сетями. Социокультурная же сторона вопроса — то, как и почему потребитель соглашается принять новые продукты, как меняются его критерии выбора и что происходит с его доверием, — остаётся на периферии исследовательского внимания.

Цель данной статьи — восполнить этот пробел, предложив и эмпирически обосновав понятие «нового потребительского патриотизма». В работе показано, что лояльность к российским продуктам питания держится сегодня не на абстрактной идеологии и не на государственной пропаганде, а на вполне конкретных и прагматичных основаниях.

Классическая теория потребительского этноцентризма, разработанная Теренсом Шимпом и Шубхашем Шармой ещё в конце 1980-х годов, определяет это явление как убеждённость потребителя в том, что покупать иностранные товары неэтично, потому что это вредит национальной экономике и лишает соотечественников рабочих мест. Авторы этой теории предложили и широко используемую至今 шкалу CETSCALE, которая позволяет измерять степень этноцентризма у разных групп потребителей.

В российских исследованиях, проводившихся в 2014–2016 годах после введения первых санкций и ответного продовольственного эмбарго, фиксировался волнообразный характер патриотического потребления. Учёные, в частности Ольга Кузнецова и Елена Неретина, отмечали, что тогдашний патриотический подъём в потребительском поведении был тесно связан с медийной повесткой, носил эмоционально-символический характер и довольно быстро сошёл на нет, как только внимание общества переключилось на другие темы. Уже к 2018 году большинство потребителей вернулись к привычным ценовым критериям выбора, а «патриотическая» маркировка продуктов перестала быть значимым фактором.

Ситуация, сложившаяся после 2022 года, имеет как минимум два принципиальных отличия. Первое и самое очевидное — это массовое физическое исчезновение с полок целых товарных категорий, которые раньше были представлены исключительно или преимущественно импортными брендами. Потребитель сегодня не стоит перед выбором «купить российское или импортное» — во многих категориях импортного просто нет. Второе отличие — продолжительность. В 2014–2016 годах речь шла об отдельных категориях, и ограничения носили скорее точечный характер. Сегодня же импортозамещение затронуло практически все сегменты рынка, и этот режим длится уже более двух лет — достаточно, чтобы сформировались новые привычки.

В связи с этим предлагается ввести в научный оборот понятие «нового потребительского патриотизма». Под ним понимается устойчивая социально-психологическая установка, формирующаяся в условиях вынужденного ограничения импортного ассортимента и выражающаяся в

стабильном предпочтении отечественных товаров. Ключевая особенность этой установки — её прагматичный, а не идеологический характер. Она держится на трёх взаимосвязанных факторах.

Первый фактор — доверие к безопасности. В условиях геополитической и экономической нестабильности локальный продукт начинает восприниматься как более контролируемый, прозрачный и, следовательно, менее рискованный. Потребитель примерно представляет, где и как произведён этот товар, кто его контролирует, какие риски могут возникнуть на пути от производителя до прилавка. Второй фактор — вынужденная рутинизация. Психологи давно описали механизм адаптации к вынужденному потреблению: изначально воспринимаемый как «замена» или «суррогат» продукт после многократного использования перестаёт вызывать отторжение, новые вкусовые стандарты становятся привычными, а потом и единственно возможными. Третий фактор — микросоциальная солидарность. Здесь важно подчеркнуть, что речь идёт не об абстрактной любви к родине, а о совершенно конкретном чувстве: покупка локального продукта воспринимается как поддержка соседа, земляка, работника местного завода.

Если классический этноцентризм в потреблении — это сознательный идеологический выбор, то новый потребительский патриотизм — это форма прагматичного социального контракта. Потребитель согласен на лояльность, а взамен получает от бренда гарантии безопасности, предсказуемости и ощущение социальной включённости. В этом смысле ключевой задачей маркетинга становится не столько привлечение новых клиентов, сколько легитимация бренда в новой системе координат. Термин «легитимация» заимствуется из социологической традиции Петера Бергера и Томаса Лукмана, где он означает процесс символического обоснования права на существование.

Для проверки выдвинутых предположений использовался смешанный дизайн, сочетающий качественные и количественные методы. Исследование состояло из двух этапов.

Первый этап представлял собой контент-анализ маркетинговых коммуникаций российских продуктовых брендов. Для анализа были отобраны двенадцать компаний из трёх категорий: молочной продукции («Простоквашино», «Домик в деревне», «Вкуснотеево», «Коровка из Кореновки»), мясных изделий («Мираторг», «Черкизово», «Царицыно», «Велком») и кондитерских товаров («Красный Октябрь», «Бабаевский», «Рот Фронт», «Акконд»). Выбор этих категорий объясняется тем, что именно в них импортозамещение продвинулось дальше всего и именно здесь доля отечественных брендов превысила 90 процентов.

Источниками данных послужили официальные сайты компаний, их аккаунты в социальных сетях (VK и Яндекс.Дзен), а также рекламные видеоролики, размещённые в период с апреля 2022 по март 2024 года. Единицей анализа стал устойчивый смысловой блок — повторяющийся в разных коммуникационных форматах комплекс идей и ценностных утверждений. Всего было проанализировано 864 таких блока. Кодировка проводилась по четырём категориям, выделенным в ходе пилотного исследования. Для проверки надёжности были привлечены два независимых эксперта, и коэффициент согласованности Криппендорфа составил 0,87, что считается высоким показателем.

Второй этап исследования представлял собой онлайн-опрос потребителей, проведённый в феврале–марте 2025 года. В опросе приняли участие 207 человек. Выборка была квотной по полу и возрасту — квоты задавались в соответствии со структурой населения России по данным Росстата. Анкета включала четыре блока вопросов: социально-демографический, отношение к отечественным продуктам питания (по пятибалльной шкале Лайкерта), значимость различных факторов выбора (безопасности, привычки и солидарности), а также чувствительность к разным типам маркетинговых коммуникаций. Статистическая обработка проводилась в пакете SPSS 26 с использованием кластерного анализа (метод k-средних) и множественного регрессионного анализа.

Начнём с рыночного контекста. Данные Romir Scan Panel подтверждают устойчивый рост доли отечественных брендов. По итогам 2023 года этот показатель достиг 94,2 процента в молочной продукции (рост на 8,3 процентных пункта по сравнению с 2021 годом), 91,7 процента в мясных изделиях и 87,4 процента в кондитерской категории. Эти цифры хорошо согласуются с данными NielsenIQ и создают надёжную эмпирическую основу для дальнейшего анализа.

Переходя к результатам контент-анализа, следует отметить, что в коммуникациях двенадцати выбранных брендов были выделены четыре устойчивых коммуникационных подхода, которые заметно отличались от того, что эти же компании говорили о себе до 2022 года.

Наиболее распространённым оказался подход, основанный на прозрачности и прослеживаемости происхождения — он встретился в 35 процентах проанализированных материалов. Компании перестали говорить о качестве абстрактно и перешли к конкретным, верифицируемым деталям. Самый яркий пример — «Мираторг», который добавляет на каждую упаковку мяса QR-код, ведущий на персональную страницу с фотографией конкретного животного, именем фермера и картой фермы. Это не просто рекламный ход, а инструмент снижения тревожности: потребитель получает ощущение личного знакомства с производителем.

Второй по частоте подход — акцент на локальной ответственности, составивший 28 процентов материалов. Здесь бренды перестают позиционировать себя как федеральные корпорации и начинают говорить как часть конкретного региона. «Домик в деревне» в своих региональных коммуникациях делает акцент на поддержке местных школ и детских садов. «Велком» системно освещает спонсорство областных спортивных мероприятий. Смысл этой стратегии — сформировать у потребителя ощущение, что он, покупая продукт, поддерживает не абстрактную экономику, а конкретных соседей и земляков.

Третий подход — апелляция к аутентичности и возрождению традиции — составила 22 процента материалов. Это наиболее сложный с психологической точки зрения приём, потому что он переопределяет саму норму. Импортный продукт объявляется чужеродным, случайным, временным, а отечественный — исконным, подлинным, восстановленным в своих правах. Кондитерский холдинг «Объединённые кондитеры» запустил линейку «Наследие», где воспроизведены дореволюционные рецепты и визуальный стиль. Это не столько ностальгия, сколько целенаправленное конструирование новой легитимности: мы не заменяем ушедшее импортное, мы возвращаем своё исконное.

Наконец, четвёртый и самый редкий подход — демонстрация технологического суверенитета — составила всего 15 процентов материалов. Этот подход адресован узкой, но очень требовательной аудитории — тем, кто тоскует по ушедшим импортным стандартам и скептически относится к патриотической риторике. Компания «Эфко» делает ставку на патенты, собственную исследовательскую базу и сотрудничество с Российской академией наук. История замещения импортных заквасок или красителей подаётся как научный детектив с участием российских учёных. Эта линия коммуникации не апеллирует к патриотизму напрямую, а доказывает конкурентоспособность через технологическое превосходство.

Обратимся теперь к результатам опроса. Регрессионный анализ подтвердил значимость всех трёх заявленных факторов. Самый сильный вклад в формирование установки на предпочтение отечественных брендов вносит фактор безопасности — его стандартизованный коэффициент бета составил 0,41 при высоком уровне статистической значимости. Чуть слабее, но тоже значимо влияние привыкания (бета = 0,35) и микросоциальной солидарности (бета = 0,29). Модель в целом объясняет 54 процента дисперсии зависимой переменной, что для социальных исследований можно считать хорошим результатом.

С помощью кластерного анализа были выделены три устойчивых сегмента потребителей, различающихся по своему отношению к отечественным продуктам и по чувствительности к разным коммуникационным стратегиям.

Самый массовый сегмент, объединяющий 61 процент опрошенных, — это «лояльные прагматики». Это люди среднего возраста (в среднем 38 лет), с невысоким уровнем идеологизированности, ориентирующиеся в первую очередь на соотношение цены и качества. Их индекс предпочтения отечественных брендов — средний (4,1 балла из пяти). Они хорошо откликаются на стратегии прозрачности и локальной ответственности, но почти не реагируют на апелляции к традиции или технологическому превосходству.

Второй сегмент — «активные патриоты» — составил 24 процента выборки. Это в среднем более старшие респонденты (45,6 года). Для них покупка отечественного продукта — осознанный гражданский акт, и индекс предпочтения у них самый высокий (4,7). Они чувствительны к линиям аутентичности традиции и локальной ответственности, но не откликаются на технократическую риторику.

Третий, самый маленький, но и самый сложный сегмент — «качественные скептики» — составил 15 процентов выборки. Они заметно моложе двух других групп (средний возраст 32 года) и имеют самый высокий уровень дохода. Их индекс предпочтения отечественных брендов — самый низкий (2,9). Это люди, которые ностальгируют по ушедшим импортным стандартам, критически относятся к «патриотической» риторике и требуют объективных доказательств качества. Единственная коммуникационная стратегия, которая на них действует, — это демонстрация технологического суверенитета.

Полученные данные позволяют говорить о смене базовой маркетинговой модели. Классическая модель AIDA (внимание — интерес — желание — действие) предполагает последовательное завоевание потребителя. Но в условиях, когда у потребителя практически нет альтернативы и он уже совершает покупку, эта логика перестаёт работать. На смену ей

приходит модель LST, состоящая из трёх этапов: легитимации (бренд должен доказать, что он — «свой», естественный, достойный выбора), стабилизации (закрепление привычки через последовательное качество) и удержания (формирование устойчивой приверженности, не зависящей от появления альтернатив). Ключевым показателем эффективности в этой новой модели становится не столько доля рынка, сколько «глубина легитимности» — устойчивость потребительского выбора при гипотетическом возвращении импортных конкурентов. Опрос показал, что 68 процентов прагматиков и 82 процента патриотов заявили, что остались бы с отечественным брендом даже в этом случае.

Полученные результаты вносят вклад в теорию маркетинга по нескольким направлениям.

Во-первых, исследование демонстрирует ограниченность классической концепции потребительского этноцентризма для описания текущих процессов. Предложенный конструкт «нового потребительского патриотизма» фиксирует специфику именно вынужденной адаптации, где ключевыми драйверами выступают безопасность, привычка и солидарность, а не идеология. Это важно потому, что позволяет предсказывать будущее поведение потребителей при изменении рыночных условий. Если лояльность держится на привычке и воспринимаемой безопасности, то она сохранится и после возвращения импорта. Если бы она держалась только на идеологии, она была бы гораздо более хрупкой.

Во-вторых, эмпирически подтверждена четырёхчастная классификация коммуникационных стратегий легитимации. Предшествующие исследования выделяли лишь тактические инструменты, не фиксируя ценностное измерение. Настоящая работа демонстрирует, что успешная адаптация невозможна без смысловой трансформации коммуникаций.

В-третьих, разработанная и валидированная типология потребительских сегментов позволяет преодолеть ограничения предыдущих исследований, опиравшихся на вторичные данные.

Для российских производителей продуктов питания можно сформулировать несколько конкретных практических рекомендаций.

Первая рекомендация — дифференцировать коммуникацию. Нельзя обращаться ко всем потребителям с одним и тем же сообщением. Для 61 процента аудитории (лояльных прагматиков) приоритетны стратегии прозрачности и локальной ответственности. Для 24 процентов (активных патриотов) — аутентичности традиции. Для 15 процентов (качественных скептиков) — технологического суверенитета. Смешивать эти подходы в одной коммуникационной кампании неэффективно, а иногда и контрпродуктивно.

Вторая рекомендация — инвестировать в верификацию. Стратегия прозрачности не работает, если за ней не стоит реальное технологическое наполнение. Системы прослеживаемости, открытость производств для посещений, детальная информация о происхождении сырья — это не дополнительные опции, а необходимые условия для того, чтобы маркетинговые обещания были убедительными.

Третья рекомендация — децентрализовать контент. Стратегия локальной ответственности эффективна только тогда, когда потребитель узнаёт в коммуникации свой регион, своих соседей, знакомые места. Федеральная универсальная коммуникация воспринимается как формальная и не вызывает доверия.

Четвёртая рекомендация — включить в систему ключевых показателей эффективности «глубину легитимности». Это опережающий показатель, который позволяет оценить устойчивость бренда в долгосрочной перспективе. Его можно измерять через условные сценарии в опросах или через анализ поведения при появлении альтернатив в ограниченных категориях.

Исследование имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации результатов. Выборка в 207 человек, хотя и квотированная по основным социально-демографическим параметрам, не является репрезентативной для всей страны. Контент-анализ ограничен тремя товарными категориями, и нельзя автоматически переносить выводы на другие сегменты FMCG. Наконец, в рамках данной работы не оценивалась экономическая эффективность различных коммуникационных стратегий (показатель ROMI), что оставляет пространство для дальнейших исследований.

Перспективными направлениями представляются, во-первых, количественная верификация предложенной модели на более репрезентативной общероссийской выборке (не менее 1000 респондентов). Во-вторых, сравнительный анализ коммуникационных подходов в других категориях — например, в детском питании, замороженных продуктах или безалкогольных напитках. В-третьих, кросс-культурные исследования: аналогичные процессы вынужденного импортозамещения происходят сегодня в других странах, и сравнение этих кейсов могло бы дать интересные теоретические обобщения.

Подводя итог проведённому исследованию, можно сформулировать несколько основных выводов.

Маркетинговая адаптация российских FMCG-компаний к условиям импортозамещения представляет собой не набор тактических решений, а глубинную трансформацию коммуникационной парадигмы. Ключевым ресурсом этой трансформации выступает феномен «нового потребительского патриотизма» — устойчивой установки, сформировавшейся у массового потребителя в ответ на вынужденное изменение структуры потребления.

«Новый потребительский патриотизм» носит прагматический характер, базируясь на триаде факторов: доверии к безопасности, вынужденной рутинизации и микросоциальной солидарности. Это форма социально-психологической адаптации, а не сознательный идеологический выбор.

Российские FMCG-бренды сформировали устойчивый набор коммуникационных стратегий легитимации с различной частотой использования: прозрачности (35 процентов), локальной ответственности (28 процентов), аутентичности традиции (22 процента) и технологического суверенитета (15 процентов). Выделены три потребительских сегмента с различной чувствительностью к этим стратегиям: «лояльные прагматики» (61 процент), «активные патриоты» (24 процента) и «качественные скептики» (15 процентов).

Происходит смена базовой маркетинговой модели: от парадигмы привлечения (AIDA) к парадигме легитимации-стабилизации-удержания (LST). Ключевым нематериальным активом бренда становится «глубина легитимности» — устойчивость потребительского предпочтения, сохраняющаяся даже в случае гипотетического возвращения на рынок импортных конкурентов.

Импортозамещение на рынке продуктов питания следует рассматривать не как временную адаптационную меру, а как структурную трансформацию. «Новый потребительский патриотизм» является ключевым социокультурным механизмом этой трансформации, а его понимание — необходимым условием долгосрочной конкурентоспособности отечественных FMCG-брендов.

Литература

1. Российский FMCG-рынок 2023: новая реальность и перспективы развития. Аналитический отчет NielsenIQ. М., 2024. 87 с. М., 2024. – 87 с.
2. Romir Scan Panel: Динамика доли отечественных брендов в категориях «молочные продукты», «мясные изделия», «кондитерские товары» 2021-2024 гг. обращения: 15.04.2025) [Электронный ресурс]. // Romir Scan Panel. – URL: https://romir.ru/scanpanel(дата.
3. Голубев А.В., Петрова И.С. Структурные сдвиги в российском АПК в условиях санкционного давления: импортозамещение vs адаптация // Экономические стратегии. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 102–115.
4. Смирнов К.Л. Реорганизация логистических цепочек в пищевой промышленности России: вызовы и нестандартные решения // Логистика и управление цепями поставок. – 2022. – № 5. – С. 34–47.
5. Козлова Т.А. Тактический арсенал маркетолога в условиях турбулентности: кейсы российского FMCG-рынка // Практический маркетинг. – 2023. – № 5. – С. 22–29.
6. Shimp T.A., Sharma S. Consumer Ethnocentrism: Construction and Validation of the CETSCALE // Journal of Marketing Research. – 1987. – № 3. – P. 280–289.
7. Кузнецова О.С. Феномен потребительского патриотизма в России: драйверы и барьеры // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2016. – № 4. – С. 117–135.
8. Неретина Е.А., Алешина И.В. Потребительский патриотизм как фактор развития отечественного рынка продуктов питания // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2017. – № 2. – С. 86–95.
9. Бергер П., Лукман Т. Социальное конструирование реальности. Трактат по социологии знания. М.: Медиум, 1995. 323 с.

New consumer patriotism: loyalty as a strategic marketing resource in the context of import substitution (using the food market as an example)

Zverev A.V.
Moscow International Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article examines the phenomenon of mass loyalty of Russian consumers to domestic food products that emerged after 2022. The author introduces and substantiates the concept of «new consumer patriotism», which, unlike classical consumer ethnocentrism, has a pragmatic rather than ideological nature. Based on a content analysis of communications from twelve major Russian FMCG brands and an online survey of 207 respondents, three key factors of loyalty are identified: trust in the safety of local products, habituation to forced replacement, and a sense of micro-social solidarity. It is shown that different consumer segments respond differently to four identified communication strategies of

brands — transparency of origin, local responsibility, authenticity of tradition, and technological sovereignty. The conclusion substantiates a shift in the marketing paradigm: from the classical model of attracting attention to a model of loyalty management through the legitimation of the brand as a «one's own» and «worthy» choice.
Keywords: consumer patriotism; import substitution; loyalty marketing; FMCG; brand; legitimation; content analysis; consumer segments.

References

1. Rossijskij FMCG-rynok 2023: novaja real'nost' i perspektivy razvitija. Analiticheskij otchet NielsenIQ. M., 2024. 87 s. Moscow: NielsenIQ, 2024. – 87 P. c.
2. Romir Scan Panel: Dinamika doli otechestvennyh brendov v kategorijah «molochnye produkty», «mjasnye izdelija», «konditerskie tovary» 2021-2024 gg. obrashhenija: 15.04.2025) [Электронный ресурс]. // Romir Scan Panel. – URL: https://romir.ru/scanpanel(data.
3. Golubev A.V., Petrova I.S. Strukturnye sdvigi v rossijskom APK v uslovijah sankcionnogo davlenija: importozameshhenie vs adaptacija // Jekonomicheskie strategii. – 2023. – T. 25, № 3.
4. Smirnov K.L. Reorganizacija logisticheskih ce-pochek v pishhevoj promyshlennosti Rossii: vyzovy i nestandartnye reshenija // Logistika i upravlenie cepjami postavok. – 2022. – № 5.
5. Kozlova T.A. Takticheskij arsenal marketologa v uslovijah turbulentnosti: kejsy rossijskogo FMCG-rynka // Prakticheskij marketing. – 2023. – № 5.
6. Shimp T.A., Sharma S. Consumer Ethnocentrism: Construction and Validation of the CETSCALE // Journal of Marketing Research. – 1987. – № 3. – P. 280–289.
7. Kuznecova O.S. Fenomen potrebitel'skogo patriotizma v Rossii: drajvery i bar'ery // Monitoring obshhestvennogo mnenija: jekonomicheskie i social'nye peremeny. – 2016. – № 4.
8. Neretina E.A., Aleshina I.V. Potrebitel'skij patriotizm kak faktor razvitija otechestvennogo rynka produktov pitanija // Vestnik Rossijskogo jekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plehanova. – 2017. – № 2.
9. Berger P., Lukman T. Social'noe konstruirovanie real'nosti. Traktat po sociologii znanija. M.: Medium, 1995. 323 s.

Текучесть персонала в коммерческих банках в условиях цифровизации: технологические решения и их пределы

Зубов Никита Русланович
аспирант, МФПУ «Синергия», zubov_n@inbox.ru

В статье рассмотрены теоретические и практические аспекты влияния цифровых технологий на управление персоналом в коммерческих банках. В рамках исследования показаны преимущества и негативные последствия перехода банков к цифровым HR-практикам. В частности, проведен критический анализ стабильности персонала коммерческих банков России в условиях цифровизации. Посредством предиктивной аналитики выявлены основные управленческие тренды и тенденции в банковском секторе, установлены соответствующие технологические решения и их пределы.
Ключевые слова: цифровизация банковского сектора, финансовые технологии, управление персоналом, текучесть кадров, технологические решения, предиктивная аналитика, алгоритмы статистики, модели прогнозирования, онлайн-платформы, цифровая стратегия.

Введение

Стремительное развитие практически всех направлений человеческой жизнедеятельности, включая финансовые отношения, не только предоставляет инновационные технологические возможности и преимущества, но и порождает новые проблемы и вызовы. Не стали исключением отрасли экономики, в том числе банковский сектор.

Следует отметить, что согласно принятой в 2023 году Концепции технологического развития до 2030 года, в России «практически отсутствует инфраструктура трансфера технологий, обеспечивающая трансформацию технологий в реальные производственные силы». Помимо преодоления «кадрового голода» не менее важной задачей Концепцией ставится развитие «мягких навыков и компетенций» (п. 4). Отдельное внимание в документе стратегического планирования обращено на вопросы развития компетенций и навыков, необходимых для повышения инновационной активности организаций (п. 5) [1].

По данным аудиторско-консалтинговой компании Kept, к концу 2024 года 33% российских компаний, включая банки, зафиксировали усиление текучести кадров (традиционно – 27-28%), причем был отмечен рост числа увольнений как квалифицированных специалистов (40% респондентов), так и сотрудников, проработавших менее года - джоб-хоппинг (59% опрошенных работодателей). Глава ЦБ РФ Э. Набиуллина констатировала, что 73% отечественных финансово-кредитных учреждений ощущают «кадровый голод», и этот тренд лишь усиливается [2].

В 2025 году данная тенденция продолжила сохраняться: 76% компаний испытывали нехватку специалистов средней и высокой квалификации; уровень текучести кадров составил 30% при приросте количества вакансий на 25% и трудоустройстве на 2,4% [3].

При этом цифровизация позволила российским банкам стать лидерами среди всех отраслей по внедрению HR-практик (HR – Human Resource, с англ. управление персоналом), первыми освоив предиктивную аналитику, ATS-системы (отслеживание кандидатов), платформы оценки компетенций. Имеющее место в банковском секторе противоречие между, с одной стороны, технологическим рывком в области интеграции цифровых технологий в процессы управления персоналом и сохраняющейся кадровой нестабильностью с другой является на текущий период актуальной проблемой, что, в свою очередь, обусловило исследование обозначенной темы.

Возможности и пределы HR-технологий

HR-технологии (HR-Tech) представляют собой комплекс цифровых инструментов конкретной компании, которые автоматизируют и оптимизируют процессы работы HR-отдела с персоналом - от учёта данных до взаимодействия как с действующими, так и с потенциальными сотрудниками. В задачи (функции) данной структуры входят: кадровое планирование; рекрутмент; адаптация новичков; администрирование; обучение и развитие; оценка работы; формирование кадрового резерва; повышение мотивации; HR-брендинг (работа над образом компании). Одна из целей управления персоналом (HR-менеджмента) в современных условиях - снижение текучки кадров.

Как отмечает М. Армстронг, «еще в исследованиях 1980-х гг. понятие управления человеческими ресурсами охватывало все управленческие решения и практические действия, существенно влияющие на отношения между организацией и ее сотрудниками» [4, с. 8].

В свою очередь Дж. Стори на рубеже веков писал: «Принципы HR включают предположения о том, что именно человеческие ресурсы создают конкурентное превосходство, целью организации должно стать усиление вовлеченности сотрудников, а решения HR играют стратегическую роль, поэтому HR-политика должна быть интегрирована в бизнес-стратегию» [5, с. 3].

В последние годы сфера управления персоналом проходит через масштабную трансформацию. М.В. Виниченко и К. Петер указывают на тот факт, что в современной экономике и жестком конкурентном бизнесе руководители компаний прекрасно понимают, что их выживание на рынке зависит, в первую очередь, от человека. Для этого необходимы «сотрудники с высоким потенциалом развития и выдающейся профессиональной компетентностью, обеспечивающие быстрые темпы внедрения новых технологий и разработки новых продуктов»[6, с. 4].

Стоит отметить, что в 2025 году в сфере HR-Tech уже насчитывалось до 190 специализированных продуктов (платформы для адаптации, обучения, оценки компетенций и управления карьерой сотрудников); 27%

компаний использовали системы автоматизации рекрутинга (ATS), HR-аналитику и др. для обработки данных и управления талантами. Среди ключевых HR-трендов цифровизация, обучение, аналитика данных, построение карты пути сотрудника, удержание персонала [7].

Анализ деятельности отдельных HR-отделов в 2026 году позволяет выявить основные тенденции в их работе: планирование и управление на основе, в первую очередь, навыков сотрудников; использование искусственного интеллекта (ИИ); цифровизация и автоматизация HR-функций; сервисный подход; персонализированное обучение и индивидуальный рост; повышение вовлеченности сотрудников; гибкие модели работы; стратегии удержания персонала [8].

Используемая в HR-системах предиктивная аналитика представляет собой метод анализа данных, который предсказывает будущие события или тренды на основе исторической информации и скрытых закономерностей. Предиктивная аналитика в сфере управления персоналом использует модели машинного обучения для прогнозирования на основе цифровых данных среди прочего таких рисков, как текучесть персонала: анализирует поведенческие паттерны и предупреждает о высокой вероятности ухода конкретного сотрудника; помогает выявить факторы текучести и спрогнозировать кадровые потребности.

Один из крупнейших российских разработчиков и поставщиков IT-решений для банковского сектора компания «Диасофт» в январе 2026 года опубликовала основные на сегодняшний день тренды HR-аналитики: AI-аналитика: (использование ИИ автоматизирует скрининг кандидатов для анализа результатов тестов и прогнозирования рисков увольнения); персонализация (разработка индивидуальных планов адаптации на базе цифровых платформ); получение обратной связи о сотруднике (не только от руководителя и сотрудников, но и от клиентов банка). Следовательно, среди ключевых преимуществ предиктивной аналитики - выявление оттока специалистов за полгода-год, что позволяет снизить текучесть персонала на 20-30% [9].

Комплексное использование HR-технологий, безусловно, отвечает вызовам кадрового дефицита и текучести в банковском секторе. Однако данные технологии работают на уровне симптомов, а не причин: фиксируют, что сотрудник собирается уйти, но не устраняют условия, из-за которых он уходит.

Специфика банковской среды как ограничитель

Цифровая трансформация банков требует комплексного подхода, основанного на разработке и применении цифровой стратегии. Необходимо учитывать, что цифровая трансформация предполагает более широкое внедрение современных способов предоставления банковских услуг. В 2025 году в сфере HR-Tech уже насчитывалось до 190 специализированных продуктов (платформы для адаптации, обучения, оценки компетенций и управления карьерой сотрудников). В то же время число банковских отделений сокращается, многие услуги переводятся в онлайн. По данным аудиторской компании КПМГ, 72% банков планируют быстро развивать технологию ИИ, 61% - уже внедрили или тестируют роботов, 45% - прогностическую аналитику в ряд процессов. Более того, банки уже заняли лидирующие позиции по использованию чат-ботов [10].

Инновационное технологии позволяют различным банкам снижать издержки и постоянно повышать качество предоставляемых услуг, осваивать новые сферы влияния. Однако при этом освобождаются рабочие места, как следствие, количество увольнений растет. Следует также учитывать возрастной фактор: не все сотрудники старшего возраста смогли своевременно адаптироваться к новым условиям. Это требует от HR-служб иных, нетрадиционных, подходов к развитию персонала, а также программ передачи опыта молодым специалистам.

В условиях ускоренной цифровизации банковского бизнеса и конкурентной борьбы за высококвалифицированные кадры роль HR-системы кардинально меняется. Если раньше HR ассоциировался преимущественно с рутинной операционной работой, то сегодня это полноценный центр экспертизы по управлению персоналом, напрямую влияющий на ключевые показатели коммерческого банка. Такая трансформация невозможна без цифровизации HR-аналитики, основанной на инновационных технологиях.

В связи с этим важно разграничить предиктивные инструменты (прогнозирование) и превентивные практики (изменение условий труда, карьерных треков, культуры). Вполне логично, что кадровый кризис сопровождается изменением ожиданий персонала. Современные специалисты обращают внимание не только на размер заработной платы, изменение условий, но и на карьерные перспективы, возможности развития, корпоративную культуру возможности для планомерного развития, как личностного, так и профессионального. Все чаще выбирают работодателя, исходя из возможностей системы менеджмента в компании. В связи с этим HR-отделы фиксируют растущий запрос на карьерные треки, программы менторства и гибкие условия труда.

С учетом данных запросов можно воспользоваться HR-модулем «Управление талантами» в системе EmplDocs, который позволяет фиксировать необходимые компетенции отдельных сотрудников и визуализировать их в диаграммы талантов (матрица компетенций). В результате HR-отдел получает возможность планирования для их развития внутри персонала и формирования кадрового резерва.

По результатам исследований РБК в 2026 года HR-отделы стали еще активнее переключаются с найма сотрудников на их удержание при одновременной работе с внутренними ресурсами. Так, 67% компаний развивают программы внутреннего кадрового резерва; 72% внедряют карьерные треки и программы наставничества; 58% увеличили бюджеты на переобучение и развитие персонала [11].

В то же время банки, трансформируя свои бизнес-модели в IT-компании и стремительно осваивая рынок финтеха, остаются жестко зарегулированными работодателями с требованиями Центробанка к квалификации, комплаенсу, режиму доступа к данным и т.д. Это создает специфическое давление на персонал: банковский сотрудник конкурирует за компетенции с IT-рынком, но работает в условиях, характерных для финансового регулятора. Нехватка квалифицированного персонала в области разработки и внедрения цифровых технологий — одна из ключевых причин, сдерживающих цифровизацию именно в банковском секторе. Это замкнутый круг: цифровизация требует кадров, которых нет, а их нет отчасти потому, что условия работы в банке проигрывают IT-компаниям.

Заключение

Подводя итог исследованию темы, приходим к выводу, что цифровизация в целом оказала существенное влияние на банковский сектор, включая состояние персонала коммерческих банков. Однако в современных условиях и на перспективу следует учитывать как основные тренды и их последствия в данной сфере, так и возможные тенденции. Своевременное выявление и решение актуальных проблем позволяет своевременно принять соответствующие адекватные меры, в том числа и в отношении текучести персонала.

При этом текучесть персонала в российских коммерческих банках на текущем этапе не стоит воспринимать как временную и самостоятельно решаемую проблему. Проведенный анализ сложившейся в отрасли ситуации позволяет охарактеризовать ее тремя ключевыми терминами: дефицит кадров, пересмотр HR-системы и адаптация сотрудников. Отсутствие интеграции между бизнес-стратегией и HR-цифровизацией создает риски «цифрового хаоса» и снижения эффективности управления персоналом. Как показало исследование, около половины специалистов рассматривают смену работы не из-за денег, а из-за отсутствия развития, неясных перспектив и «выгорания», то есть по причинам, которые никакая предиктивная система сама по себе не устраняет.

Представляется, что первоочередная задача банков в данном направлении - не столько найти новых сотрудников, сколько сохранить и развить имеющихся, создавая такие условия, при которых талантливые и перспективные будут расти вместе с финансово-кредитной компанией. В эпоху растущих возможностей цифровизации здесь на первое место должны быть поставлены новейшие технологические решения, обеспечивающие четкую систематизацию работы с персоналом.

Это сделает HR-менеджмент более прозрачным и предсказуемым, а коллектив - стабильным. Однако важно понимать: эффективность HR-технологий в снижении текучести персонала коммерческих банков определяется не их функциональными возможностями, а степенью встроенности в реальную организационную логику банка - карьерные треки, культуру обратной связи, управление вовлеченностью.

Литература

1. Концепция технологического развития на период до 2030 года» (утв. Распоряжением Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р (ред. от 21.10.2024) / СПС КонсультантПлюс.

2. Более трети работодателей столкнулись с усилением текучести кадров / Ведомости, 27 января 2025. URL: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2025/01/27/1088398-bolee-treti-rabotodatelei-stolknulis-s-usileniem-tekuchesti-kadrov?utm_campaign=vedomosti_public&utm_content=1088398 (дата обращения: 25.04.2026).

3. Кадровый голод 2025: признаки дефицита специалистов и как решить проблему / Клерк, 8 октября 2025. URL: https://www.klerk.ru/blogs/empldocs/664356/#chapter-tekuschaya-situaciya-na-rynke-truda-v-2025-godu (дата обращения: 25.04.2026).

4. Армстронг М. Главный учебник HR в мире / Майкл Армстронг; [перевод с английского Е. Л. Бегма]. - М.: Эксмо, 2024.

5. Storey J. (2001) Human resource management today: an assessment, in (ed) J Storey, Human Resource Management. - London: Thompson Learning.
6. Виниченко М.В. Управление талантами. XXI век - вызовы времени: монография / М.В. Виниченко, К. Петер. – М.: Русайнс, 2024.
7. Эффективные технологии для бизнеса / HR-платформа. URL: https://potok.io/ (дата обращения: 25.04.2026).
8. HR тренды: ключевые направления и лучшие практики для бизнеса в 2026 / Платформа SimpleOne, 12 января 2026 https://simpleone.ru/blog/hr-trends (дата обращения: 25.04.2026).
9. Цифровизация и автоматизация HR-аналитики: от отчетов к прогнозам / DIASOFT https://www.diasoft.ru/about/publications/22038/ (дата обращения: 25.04.2026).
10. Макарова И.В. Трансформация банковского сектора в условиях цифровизации экономики России / Банковское дело. URL: https://www.bankdelo.ru/fingram/press-center/pub/6301?utm_y (дата обращения: 25.04.2026).
11. Как HR-отделы преодолевают дефицит кадров / РБК. URL: https://companies.rbc.ru/news/IEZPPHrivE/ryinok-truda-2025-zamedlenie-najma-pri-istoricheski-nizkoj-bezrabotitse/ (дата обращения: 25.04.2026).

Staff turnover in commercial banks in the age of digitalization: technological solutions and their limits

Zubov N.R.
MFPU "Synergy"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article examines the theoretical and practical aspects of the impact of digital technologies on HR management in commercial banks. The study demonstrates the benefits and negative consequences of banks' transition to digital HR practices. Specifically, a critical analysis of staff stability in Russian commercial banks in the age of digitalization is conducted. Using predictive analytics, key management trends and tendencies in the banking sector are identified, and corresponding technological solutions and their limits are established.

Keywords: digitalization of the banking sector, financial technologies, human resources management, staff turnover, technological solutions, predictive analytics, statistical algorithms, forecasting models, online platforms, digital strategy.

References

1. The Concept of Technological Development through 2030 (approved by RF Government Decree No. 1315-r of May 20, 2023 (as amended on October 21, 2024) / SPS ConsultantPlus.
2. More than a Third of Employers Faced Increased Staff Turnover / Vedomosti, January 27, 2025. URL: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2025/01/27/1088398-bolee-treti-rabotodatelei-stolknulis-s-usileniem-tekuchesti-kadrov?utm_campaign=vedomosti_public&utm_content=1088398 (accessed April 25, 2026).
3. Staff Shortage 2025: Signs of a Shortage of Specialists and How to Solve the Problem / Klerk, October 8, 2025. URL: https://www.klerk.ru/blogs/empldocs/664356/#chapter-tekuschaya-situaciya-na-rynke-truda-v-2025-godu (accessed: April 25, 2026).
4. Armstrong M. The Main HR Textbook in the World / Michael Armstrong; [translated from English by E. L. Begma]. - Moscow: Eksmo, 2024.
5. Storey J. (2001) Human Resource Management Today: An Assessment, in (ed) J. Storey, Human Resource Management. - London: Thompson Learning.
6. Vinichenko M. V. Talent Management. The 21st Century - Challenges of the Time: Monograph / M. V. Vinichenko, K. Peter. - Moscow: Rusains, 2024.
7. Effective Technologies for Business / HR Platform. URL: https://potok.io/ (accessed: April 25, 2026).
8. HR Trends: Key Areas and Best Practices for Business in 2026 / SimpleOne Platform, January 12, 2026 https://simpleone.ru/blog/hr-trends (accessed: April 25, 2026).
9. Digitalization and Automation of HR Analytics: From Reports to Forecasts / DIASOFT https://www.diasoft.ru/about/publications/22038/ (accessed: April 25, 2026).
10. Makarova, I.V. Transformation of the Banking Sector in the Context of Digitalization of the Russian Economy / Banking. URL: https://www.bankdelo.ru/fingram/press-center/pub/6301?utm_y (accessed on April 25, 2026).
11. How HR departments are overcoming the personnel shortage / RBC. URL: https://companies.rbc.ru/news/IEZPPHrivE/ryinok-truda-2025-zamedlenie-najma-pri-istoricheski-nizkoj-bezrabotitse/ (accessed on April 25, 2026).

От сквозной видимости к превентивным решениям: сценарно-аналитическая модель управления цепями поставок в закупочной деятельности

Ивлев Евгений Сергеевич
аспирант, факультет менеджмента, Университет «Синергия», Evgeniy.ivlev.93@mail.ru

В условиях роста неопределённости внешней среды, нарушения логистических связей и повышения требований к устойчивости операционной деятельности предприятий особую актуальность приобретает переход от реактивного управления закупками к превентивным моделям принятия управленческих решений на основе сквозной видимости цепей поставок. Традиционные подходы к управлению снабжением, ориентированные преимущественно на контроль исполнения контрактов, не обеспечивают своевременного выявления рисков срывов поставок и формирования опережающих управленческих воздействий.

Целью исследования является разработка сценарно-аналитической модели управления цепями поставок в закупочной деятельности, обеспечивающей переход от мониторинга операций к превентивному управлению на основе интеграции цифровых данных, прогнозной аналитики и механизмов управления исключениями.

Методологическую основу исследования составили системный и процессный подходы, методы сценарного анализа, риск-ориентированного управления, а также инструменты цифрового моделирования и аналитической обработки данных цепей поставок. В работе использованы методы сравнительного анализа, структурно-функционального моделирования и концепция единого источника достоверных данных (SSOT).

В результате исследования сформирована сценарно-аналитическая модель управления закупочной деятельностью, основанная на цифровом контуре «данные – аналитика – прогноз – управленческое воздействие», позволяющая выявлять отклонения параметров поставок на ранних стадиях, снижать транзакционные издержки координации и повышать устойчивость цепей поставок. Практическая значимость результатов заключается в возможности внедрения предложенной модели в корпоративные системы управления закупками для обеспечения превентивного реагирования на операционные и логистические риски.

Ключевые слова: цепи поставок, закупочная деятельность, сквозная видимость, превентивное управление, сценарный анализ, цифровизация снабжения, управление рисками поставок, SSOT, управление исключениями, устойчивость цепей поставок.

Введение

Современное развитие производственно-логистических систем характеризуется высокой степенью неопределённости внешней среды, усложнением глобальных цепей поставок и усилением зависимости операционной устойчивости предприятий от качества управления закупочной деятельностью. Нарушения транспортно-логистических связей, волатильность рынков ресурсов и рост координационных издержек приводят к тому, что традиционные модели снабжения, ориентированные преимущественно на контроль исполнения контрактов и управление запасами постфактум, утрачивают способность обеспечивать устойчивость функционирования организаций. В этих условиях управление цепями поставок трансформируется из операционной функции обеспечения ресурсов в стратегический механизм поддержания конкурентоспособности предприятия [2; 3].

Развитие цифровых технологий существенно изменяет архитектуру логистических процессов, формируя возможность интеграции информационных потоков участников цепи поставок в единую цифровую среду. Применение аналитических платформ, систем мониторинга поставок и инструментов обработки больших данных позволяет перейти от фрагментарного контроля отдельных операций к формированию сквозной видимости материальных и информационных потоков. Как показывают исследования, внедрение современных IT-решений обеспечивает повышение прозрачности логистических процессов, сокращение временных потерь и повышение согласованности решений между участниками цепей поставок [1; 5; 6].

Одновременно цифровизация сама по себе не гарантирует повышения управляемости снабжения. Практика показывает, что наличие информационных систем нередко сопровождается сохранением реактивной модели управления, при которой управленческие решения принимаются уже после возникновения отклонений. В условиях экономической нестабильности особое значение приобретает переход к адаптивным механизмам взаимодействия с поставщиками и формированию превентивных стратегий категорийного и закупочного управления, ориентированных на раннее выявление рисков и сценарное прогнозирование нарушений поставок [7].

Современные концепции управления цепями поставок рассматривают закупочную деятельность как интеграционный контур, связывающий планирование спроса, управление запасами, взаимодействие с поставщиками и логистическую координацию потоков ресурсов. Повышение эффективности такого контура возможно при переходе к модели управления, основанной на непрерывной аналитической обработке данных и синхронизации решений на всех уровнях цепи поставок [3; 8; 9]. В данном контексте ключевым направлением развития становится формирование механизмов управления исключениями и сценарно-аналитических инструментов, обеспечивающих опережающее управленческое воздействие.

Таким образом, актуальной научной задачей выступает разработка управленческой модели, обеспечивающей трансформацию сквозной видимости цепей поставок в инструмент принятия превентивных решений в закупочной деятельности. Решение данной задачи определяет необходимость формирования сценарно-аналитического подхода к управлению цепями поставок, позволяющего интегрировать цифровые данные, прогнозные методы и риск-ориентированные управленческие процедуры в единую систему обеспечения устойчивости снабжения предприятий, структура которой и определяет направление настоящего исследования.

Материалы и методы исследований

Методологическую основу исследования составляют положения современной теории управления цепями поставок, концепции интегрированной логистики и риск-ориентированного управления закупочной деятельностью, рассматривающие снабжение как координационный механизм синхронизации материальных, информационных и финансовых потоков предприятия. В качестве теоретической базы использованы научные подходы к управлению логистическими системами и закупками, раскрывающие закономерности формирования устойчивых цепей поставок в условиях цифровой трансформации экономики [2; 3; 9].

Материалы исследования включают научные публикации, посвящённые развитию информационных технологий в логистике, цифровизации процессов снабжения и адаптивным стратегиям взаимодействия с поставщиками, а также аналитические данные о современных тенденциях применения цифровых решений в управлении логистическими процессами [1; 5; 6; 7].

Для достижения поставленной цели применён комплекс общенаучных и специальных методов исследования. Использованы методы системного и процессного анализа, позволившие рассмотреть закупочную деятельность как элемент единого управленческого контура цепи поставок; методы сравнительного и структурно-функционального анализа – для выявления ограничений традиционных моделей снабжения и обоснования перехода к превентивному управлению. Сценарный подход применён при формировании модели прогнозирования отклонений параметров поставок и разработки механизмов управления исключениями, а инструменты риск-ориентированного анализа – для определения критических точек возникновения логистических нарушений. Дополнительно использованы методы концептуального моделирования цифровых процессов, обеспечивающие формирование аналитического контура «данные – мониторинг – прогноз – управленческое воздействие», позволяющего трансформировать сквозную видимость цепей поставок в инструмент принятия опережающих управленческих решений в закупочной деятельности [3; 8].

Результаты и обсуждения

Современная закупочная деятельность постепенно выходит за пределы функции обеспечения ресурсами, превращаясь в механизм координации всей цепи создания ценности. Рост нестабильности поставок, удлинение логистических маршрутов и высокая зависимость производственных систем от внешних контрагентов формируют ситуацию, при которой задержка информации становится более критичным фактором, чем физический дефицит ресурсов. Управленческая практика показывает: основная причина сбоев связана не с отсутствием альтернативных поставщиков, а с поздним обнаружением отклонений параметров поставок. В подобных условиях ключевое значение приобретает формирование цифрового контура сквозной видимости, обеспечивающего переход от фиксации событий к их раннему прогнозированию [3].

В научной школе управления цепями поставок сквозная видимость рассматривается как результат интеграции информационных потоков участников логистической системы. По мнению В. И. Сергеева, «управление цепями поставок предполагает координацию материальных, информационных и финансовых потоков на основе единого информационного пространства взаимодействия участников» [цит. по: 9, С. 41]. Данное положение задаёт методологическую основу исследования статьи, позволяя рассматривать закупочную деятельность не изолированно, а в логике межорганизационного взаимодействия.

Анализ практики функционирования предприятий показывает сохранение реактивной модели управления снабжением, характеризующейся принятием решений после возникновения отклонений сроков, стоимости либо объёмов поставок. Используемые информационные системы чаще выполняют функцию учёта операций, оставаясь инструментом фиксации уже произошедших событий. Переход к превентивному управлению требует иной архитектуры работы с данными, предполагающей непрерывное сопоставление плановых и фактических параметров движения ресурсов [1; 5].

Формируемый цифровой контур сквозной видимости основывается на интеграции данных закупок, складской логистики, транспортных операций и взаимодействия с поставщиками, объединённых в единую аналитическую среду. Потоки информации, поступая из различных источников, проходят этап нормализации и аналитической обработки, позволяя выявлять слабые сигналы возможных нарушений поставок. Подобный подход соответствует позиции В. В. Дыбской, указывающей, что «логистическая система достигает устойчивости при обеспечении информационной согласованности всех звеньев цепи движения материального потока» [цит. по: 3, С. 78]. Практическая реализация сквозной видимости предполагает формирование управленческого контура, связывающего данные операций с механизмами принятия решений. В рамках статьи данный контур представлен последовательностью взаимосвязанных этапов: сбор данных, аналитическая интерпретация, оценка отклонений, управленческая реакция и корректировка параметров закупочной политики. Использование подобной логики позволяет рассматривать снабжение как динамическую систему, адаптирующуюся к изменениям внешней среды без ручного вмешательства на каждом этапе. Количественная оценка уровня сформированной видимости предлагается через интегральный показатель управляемости поставок: $SCV = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Di*Ai*Ti)}{R}$, где SCV отражает уровень сквозной видимости цепи поставок; Di характеризует полноту доступных данных; Ai показывает степень аналитической обработки информации; Ti отражает своевременность обновления данных; R обозначает совокупный уровень логистических рисков. Рост показателя SCV свидетельствует о повышении способности системы выявлять отклонения до момента возникновения фактического сбоя. Логика формирования цифрового контура сквозной видимости цепей поставок, обеспечивающего интеграцию информационных потоков участников снабжения и переход к прогнозному управлению закупочной деятельностью, представлена на рисунке 1.

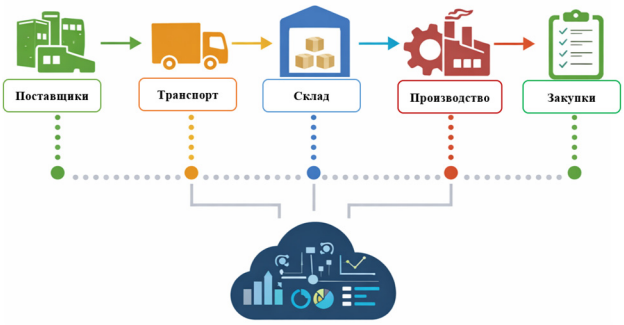


Рисунок 1 – Цифровой контур формирования сквозной видимости цепей поставок в системе закупочной деятельности. Источник: разработано автором на основе [3; 8].

Рисунок 1 иллюстрирует цифровой контур формирования сквозной видимости цепей поставок, объединяющий поставщиков, транспортные операции, складскую инфраструктуру, закупочные подразделения и аналитическую платформу. Информационные потоки, циркулируя между элементами системы, формируют непрерывную обратную связь, позволяющую синхронизировать решения участников цепи поставок.

Сравнительный анализ реактивной и цифровой моделей закупочной деятельности представлен в таблице 1.

Таблица 1

Влияние уровня сквозной видимости на параметры закупочной деятельности. Источник: разработано автором на основе [3; 7; 8].

Параметр оценки	Характеристика при реактивной модели управления	Характеристика при цифровом контуре сквозной видимости
Тип управленческих решений	Принятие решений после возникновения отклонений	Принятие решений на основе прогнозной аналитики
Временной горизонт управления	Краткосрочное реагирование	Опережающее планирование
Уровень информационной интеграции	Фрагментарные данные подразделений	Единое информационное пространство цепи поставок
Управление рисками поставок	Локальное устранение последствий	Раннее выявление и предупреждение рисков
Координационные издержки	Повышенные вследствие несогласованности действий	Сниженные за счёт синхронизации участников
Надёжность поставок	Нестабильная, зависимая от внешних факторов	Повышенная за счёт мониторинга отклонений
Роль закупочной функции	Операционное обеспечение	Интеграционное управление цепью поставок
Уровень управляемости процессов	Ограниченный контроль исполнения	Непрерывное аналитическое управление

Полученные результаты демонстрируют смещение центра управления от контроля исполнения к управлению вероятностями отклонений. Закупочная функция при этом приобретает роль раннего стабилизатора цепи поставок, снижая зависимость производственной системы от внешних колебаний. Формируемый цифровой контур создаёт основу для последующего перехода к сценарному управлению, при котором аналитическая интерпретация данных трансформируется в набор управленческих решений, активируемых при достижении критических параметров функционирования цепи поставок.

Из этого следует, что сквозная видимость выступает не самостоятельным результатом цифровизации, а базовым управленческим условием повышения устойчивости закупочной деятельности, обеспечивая своевременное выявление отклонений параметров поставок и формирование информационной основы для принятия опережающих решений. Однако, наличие интегрированных данных и прозрачности процессов само по себе не гарантирует управляемости цепи поставок, поскольку ключевая задача заключается в интерпретации выявленных отклонений и выборе оптимального варианта реагирования. Возникает необходимость перехода от наблюдения за состоянием цепи поставок к формиро-

ванию механизмов сценарного анализа, позволяющих трансформировать цифровую видимость в систему превентивного управления, реализуемую через разработку сценарно-аналитической модели принятия управленческих решений в закупочной деятельности.

Сформированный цифровой контур сквозной видимости создаёт необходимую информационную основу управления цепями поставок, однако сама по себе прозрачность процессов не обеспечивает устойчивости снабжения. Практика функционирования предприятий показывает сохранение управленческого разрыва между фиксацией отклонений и выбором управленческой реакции. Наличие данных снижает неопределённость, однако без механизмов интерпретации и ранжирования рисков управленческие решения продолжают приниматься ситуативно. Возникает необходимость перехода к модели, способной преобразовывать аналитические сигналы в конкретные сценарии действий, обеспечивая превентивный характер закупочного управления [7].

В логике развития современных подходов к управлению цепями поставок закупочная деятельность рассматривается как система непрерывного выбора между альтернативными вариантами реагирования на изменения внешней среды. Как подчёркивает В. И. Сергеев, «эффективность управления цепями поставок определяется способностью системы адаптироваться к изменениям параметров спроса и поставок посредством координации решений участников» [цит. по: 8, С. 63]. Адаптивность в данном случае достигается не увеличением числа управленческих вмешательств, а формированием заранее подготовленных сценариев реагирования.

Сценарно-аналитическая модель, разработанная в рамках исследования, основывается на принципе управления исключениями, предполагающем функционирование закупочной системы в стандартном режиме до момента выхода контролируемых параметров за допустимые границы. Аналитическая платформа, сопоставляя текущие значения сроков поставок, ценовых параметров, надёжности поставщиков и логистических ограничений, формирует сигналы отклонений, активирующие соответствующий сценарий управленческого реагирования. Такой подход позволяет снизить зависимость устойчивости цепи поставок от субъективных решений менеджеров, переводя управление в регламентированную цифровую среду. Количественная оценка сценарного риска поставок определяется через интегральный показатель: $SR = \sum_{j=1}^{m}(P_j * I_j * C_j)$, где SR отражает совокупный риск реализации сценария нарушения поставки; P_j характеризует вероятность возникновения события; I_j определяет степень влияния отклонения на производственный процесс; C_j показывает экономические последствия нарушения; m обозначает количество анализируемых факторов риска.

Предложенный показатель позволяет ранжировать возможные управленческие ситуации, формируя приоритетность реагирования. Повышение значения SR инициирует переход системы из режима мониторинга в режим активного сценарного управления.

Логика функционирования механизма управления исключениями представлена на рисунке 2. В рамках цифрового контура происходит непрерывный мониторинг параметров поставок, после чего выявленные отклонения передаются в аналитический модуль оценки рисков. При превышении установленных пороговых значений запускается сценарный блок, формирующий альтернативные варианты управленческих действий. Реализованное решение возвращается в систему в виде корректировки закупочного плана, обеспечивая замкнутый цикл адаптации.

Рисунок 2 – Контур управления исключениями в закупочной деятельности. Источник: разработано автором на основе [3; 8].

Практическая реализация сценарного подхода требует типизации управленческих реакций, позволяющей сократить время принятия решений в критических ситуациях. Результаты систематизации типовых отклонений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Типовые сценарии управленческого реагирования в закупочной деятельности. Источник: разработано автором на основе [7; 8].

Тип отклонения	Управленческий сценарий	Реализуемое действие
Нарушение сроков поставки	Переключение поставщика	Перераспределение заказа
Рост закупочной цены	Пересмотр условий контракта	Оптимизация объёма закупки
Логистические ограничения	Изменение маршрута	Реконфигурация поставки
Снижение надёжности поставщика	Диверсификация базы	Подключение альтернативного контрагента
Дефицит запасов	Ускоренная поставка	Корректировка графика производства

Ключевым результатом исследования выступает формирование целостной сценарно-аналитической модели управления цепями поставок, представленной на схеме 1. Модель объединяет источники операционных данных, единую цифровую платформу, аналитический модуль прогнозирования, механизм генерации сценариев и блок управленческих решений. Обратная связь, формируемая после реализации сценария, обеспечивает накопление данных и последующее уточнение алгоритмов реагирования, формируя эффект самообучающейся системы управления закупками.

Предложенная модель демонстрирует переход от линейной логики управления закупками к адаптивной системе, функционирующей в режиме постоянной оценки вероятностей отклонений. Закупочная функция при этом трансформируется из операционного центра оформления заказов в аналитический узел устойчивости цепи поставок.

Использование сценарного анализа позволяет минимизировать последствия внешних шоков, снижая время управленческой реакции и обеспечивая согласованность действий участников снабжения. Тем самым, сквозная видимость, сформированная на предыдущем этапе исследования, получает практическое развитие в виде инструмента превентивного управления, завершая построение цифровой модели устойчивого функционирования цепей поставок.

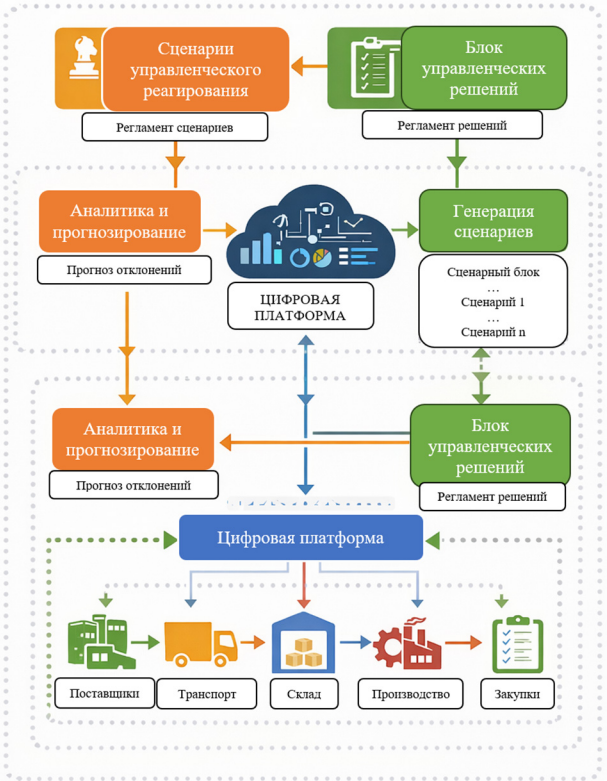


Схема 1 – Сценарно-аналитическая модель превентивного управления цепями поставок в закупочной деятельности. Источник: разработано автором на основе [1; 3; 7; 8].

Представленная сценарно-аналитическая модель демонстрирует переход закупочной деятельности от линейного операционного управления к адаптивной системе, функционирующей на основе непрерывного анализа отклонений и прогнозной интерпретации данных цепи поставок. Интеграция цифровой платформы, аналитического блока и регламентированных сценариев реагирования обеспечивает преобразование информационной прозрачности в управляемость процессов снабжения, сокращая временной разрыв между выявлением риска и принятием решения. В отличие от традиционного подхода, ориентированного на устранение последствий сбоев, предложенная модель позволяет заранее формировать управленческие альтернативы, минимизируя влияние внешней неопределённости на производственные и логистические параметры. Реализация обратной связи создаёт эффект накопления управленческого опыта, повышая точность прогнозов и устойчивость цепей поставок, вследствие чего закупочная функция приобретает роль ключевого элемента превентивного обеспечения стабильности деятельности предприятия.

Выводы

Проведённое исследование позволило обосновать необходимость трансформации закупочной деятельности в условиях роста неопределённости внешней среды и усложнения логистических взаимодействий участников цепей поставок. Установлено, что традиционная модель управления снабжением, ориентированная на контроль исполнения контрактов и реагирование на уже возникшие отклонения, утрачивает эффективность при высокой динамике рыночных и инфраструктурных изменений. Повышение устойчивости деятельности предприятий требует перехода к превентивной логике управления, основанной на непрерывной аналитической обработке данных и раннем выявлении рисков поставок.

В рамках исследования сформирован цифровой контур сквозной видимости цепей поставок, обеспечивающий интеграцию информационных потоков поставщиков, логистических операторов и внутренних подразделений предприятия в единую управленческую среду. Показано, что сквозная видимость выступает не технологическим результатом цифровизации, а инструментом повышения управляемости закупочной системы, позволяющим снижать координационные издержки и повышать надёжность снабжения. Разработанная сценарно-аналитическая модель превентивного управления обеспечивает преобразование аналитических сигналов в регламентированные управленческие сценарии, активируемые при достижении критических параметров функционирования цепи поставок.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности внедрения модели в корпоративные системы управления закупками без радикального изменения организационной структуры предприятия, используя существующие цифровые данные и процедуры планирования. Полученные результаты подтверждают, что устойчивость цепей поставок определяется не масштабом ресурсов, а скоростью и качеством управленческой реакции на возникающие отклонения. В условиях цифровой экономики закупочная деятельность становится центром прогнозного управления рисками и стабилизации операционных процессов, формируя новую управленческую роль снабжения в системе стратегического менеджмента предприятия. Если данные позволяют видеть будущее цепи поставок заранее, готовы ли организации действительно управлять им, а не продолжать реагировать на уже произошедшие события?

Литература

1. Бочегов М. А., Савченко Т. О. Влияние современных it на развитие логистики // Проблемы науки. – 2022. – №1 (69). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sovremennyh-it-na-razvitie-logistiki (дата обращения: 01.03.2026).
2. Гаджинский, А. М. Логистика : учебник / А. М. Гаджинский. – 21-е изд. – М. : Изд-во Дашков и К, 2017. – 420 с. – ISBN 978-5-394-02059-9. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/414962 (дата обращения: 01.03.2026). – Режим доступа: по подписке.
3. Дыбская В. В. Логистика : учебник для вузов / В. В. Дыбская, В. И. Сергеев ; под общей редакцией В. И. Сергеева. – М. : Изд-во Юрайт, 2025. – 657 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-18477-8. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/568937 (дата обращения: 01.03.2026).
4. Логистика : учебник / под ред. Б. А. Аникина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во ИНФРА-М, 2022. – 320 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/5242. – ISBN 978-5-16-009814-2. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/1945232 (дата обращения: 01.03.2026). – Режим доступа: по подписке.
5. Пискулев М. Д., Матвеев А. М. Анализ информационных технологий и тенденций, используемых в логистике сегодня // Скиф. – 2023. – №6 (82). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-informatsionnyh-tehnologiy-i-tendentsiy-ispolzuemyh-v-logistike-segodnya (дата обращения: 01.03.2026).
6. Пулатов Муродхон Мусохон Угли. Цифровые технологии в логистике: преобразование сферы и воздействие на эффективность // Raqamli iqtisodiyot (Цифровая экономика). – 2023. – №4. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-logistike-preobrazovanie-sfery-i-vozdeystvie-na-effektivnost (дата обращения: 01.03.2026).
7. Саид Е. Ю. Управление поставщиками в условиях экономической нестабильности: адаптивные стратегии категорийного менеджмента // Индустриальная экономика. – 2025. – №6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-postavschikami-v-usloviyah-ekonomicheskoy-nestabilnosti-adaptivnye-strategii-kategoriynogo-menedzhmenta (дата обращения: 01.03.2026).
8. Сергеев В. И. Управление закупками и запасами в цепях поставок : учебник / В. И. Сергеев, И. П. Эльяшевич. – М. : Изд-во ИНФРА-М, 2025. – 402 с. – (Высшее образование). – DOI 10.12737/1844337. – ISBN 978-5-16-018981-9. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/2186415 (дата обращения: 01.03.2026). – Режим доступа: по подписке.
9. Сергеев В. И. Управление цепями поставок : учебник для вузов / В. И. Сергеев. – М. : Изд-во Юрайт, 2023. – 480 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-01356-6. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/510980 (дата обращения: 01.03.2026).

From end-to-end visibility to preventive decisions: a scenario-analytical model for supply chain management in procurement activities

Ivlev E.S.
University "Synergy"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

In the context of increasing environmental uncertainty, disruption of logistics connections, and growing requirements for operational sustainability of enterprises, the transition from reactive procurement management to preventive decision-making models based on end-to-end supply chain visibility becomes particularly relevant. Traditional supply management approaches primarily focused on contract execution control fail to ensure timely identification of supply disruption risks and the formation of proactive managerial responses.

The purpose of the study is to develop a scenario-analytical model for supply chain management in procurement activities that enables the transition from operational monitoring to preventive management through the integration of digital data, predictive analytics, and exception management mechanisms.

The methodological framework of the research is based on system and process approaches, scenario analysis methods, risk-oriented management, as well as digital modeling and analytical data processing tools applied to supply chains. The study employs comparative analysis, structural-functional modeling methods, and the concept of a Single Source of Truth (SSOT).

As a result of the research, a scenario-analytical model of procurement management has been developed, based on a digital management loop "data – analytics – forecasting – managerial intervention", enabling early detection of supply parameter deviations, reduction of coordination transaction costs, and improvement of supply chain resilience. The practical significance of the results lies in the possibility of implementing the proposed model within corporate procurement management systems to ensure preventive responses to operational and logistics risks.

Keywords: supply chains, procurement management, end-to-end visibility, preventive management, scenario analysis, procurement digitalization, supply risk management, SSOT, exception management, supply chain resilience.

References

1. Bochegov, M. A., Savchenko, T. O. The impact of modern IT technologies on logistics development. Problemy nauki, 2022, no. 1 (69). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sovremennyh-it-na-razvitie-logistiki (accessed 01 March 2026).
2. Gadzhinsky, A. M. Logistics. 21st ed. Moscow: Dashkov i K Publ., 2017. 420 p. Available at: https://znanium.com/catalog/product/414962 (accessed 01 March 2026).
3. Dybskaya, V. V., Sergeev, V. I. (eds.) Logistics. Moscow: Yurait Publishing, 2025. 657 p. Available at: https://urait.ru/bcode/568937 (accessed 01 March 2026).
4. Anikin, B. A. (ed.) Logistics. 4th ed. Moscow: INFRA-M Publ., 2022. 320 p. DOI: 10.12737/5242. Available at: https://znanium.ru/catalog/product/1945232 (accessed 01 March 2026).
5. Piskulev, M. D., Matveev, A. M. Analysis of information technologies and trends used in modern logistics. Skif, 2023, no. 6 (82). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-informatsionnyh-tehnologiy-i-tendentsiy-ispolzuemyh-v-logistike-segodnya (accessed 01 March 2026).
6. Pulatov, Murodkhon Musokhon Ugli. Digital technologies in logistics: transformation of the sector and impact on efficiency. Raqamli iqtisodiyot (Digital Economy), 2023, no. 4. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-logistike-preobrazovanie-sfery-i-vozdeystvie-na-effektivnost (accessed 01 March 2026).

Корпоративная культура как инновационный стратегический бизнес-актив компании в условиях цифровой трансформации

Киракосян Артем Вараздатович
аспирант, РАНХиГС, artem.kirakosyan.99@mail.ru,

Рассказова Ирина Николаевна
кандидат социологических наук, доцент кафедры менеджмента, факультет менеджмента, Институт управления, Российская академия государственной службы и народного хозяйства при Президенте Российской Федерации, irasskazova@yandex.ru

Научно-исследовательский интерес авторов статьи представляет разработка программы трансформации корпоративной культуры как инновационного стратегического бизнес-актива компании, монетизация которого повышает мотивированность и результативность работы сотрудников компании и обеспечивает стабильность, антихрупкость и жизнеспособность бизнеса в условиях цифровой трансформации. Согласно предложенной гипотезе исследования, представленного в данной статье, трансформация корпоративной культуры со стратегическим фокусом на максимальную клиентоцентричность и разработка модели ее уникального культурного кода значительно улучшают стратегическую гибкость и адаптивность компании к вызовам турбулентных изменений и помогают достичь организации уникальных конкурентных преимуществ в процессе реализации инновационных проектов. Научная новизна и управленческая значимость данного исследования определяется тем, что предложенная авторами программа трансформации корпоративной культуры и разработка модели ее уникального культурного кода предоставляет возможность управленческой команде грамотно управлять организационными изменениями, внедряя в управленческую практику те инновации, которые повышают эффективность деятельности организации и проактивное развитие.

Ключевые слова: трансформация корпоративной культуры, цифровая трансформация, культурный код организации, инновационный стратегический бизнес-актив, максимальная клиентоцентричность, антихрупкость.

Введение и актуальность проблематики исследования

Современный формат корпоративной культуры сотрудников организации предполагает стратегический выбор уникального корпоративного кода компании, настроенного на максимальную результативность ее деятельности, организационное развитие, высокую степень адаптивности к отраслевым изменениям, умение управленческой команды эффективно работать в условиях неопределенности и оперативно принимать грамотные комплексные решения с целью повышения инвестиционной активности бизнеса. Именно поэтому корпоративная культура компании в условиях динамичной рыночной среды и цифровой трансформации бизнеса имеет серьезную управленческую значимость в деятельности большинства российских организаций, так как она является стратегическим инструментом для реализации бизнес-плана, повышения вовлеченности сотрудников в бизнес-процессы и основой инновационного развития компании.

Стихийно сформированный формат корпоративной культуры организации может стать тормозом ее дальнейшего развития, запуская процессы организационной нестабильности, нарушения интеграции и сработанности проектных команд, саботажа и сопротивления со стороны персонала, конфликтогенности, игнорирования организационного порядка, нарушения осуществляемости управленческих решений, демотивирующего стиля руководства, мошенничества, непродуктивного поведения сотрудников при работе с клиентами, отсутствия у них командности и заинтересованности в реализации стратегических целей, инновационных проектов, программ и бизнес-инициатив.

Целью данного исследования является представить авторскую разработку модели культурного кода и программу трансформации корпоративной культуры ПАО «Россети Московский регион» – ее инновационного стратегического бизнес - актива в условиях цифровой трансформации. Сбор эмпирической информации осуществлялся с использованием следующих методов: контент-анализа нормативно - правовых документов и материалов анкетного опроса сотрудников ПАО «Россети Московский регион», проведенного группой слушателей программы МВА «Управление изменениями в условиях цифровой трансформации» Института финансов и устойчивого развития РАНХиГС под научным руководством И.Н.Рассказовой, а также вторичного анализа эмпирических данных – экспертных опросов и анализа статистической информации по исследуемой проблематике. В исследовании, проведенном проектной группой, по случайной выборке приняли участие 162 сотрудника ПАО «Россети Московский регион»: 53,8% респондентов – в возрасте от 31 до 45 лет; 35,5% опрошенных – от 46 до 60 лет, 5,9% - до 30 лет, 4% - старше 60 лет. В исследовании приняли участие 68% рядовых сотрудников и 32% руководителей компании, 87% из которых работают в организации более 5 лет.

Материалы и методы

Раскрывая степень научной разработанности проблемы исследования, следует отметить, что проблема разработки модели культурного кода и программу трансформации корпоративной культуры современной организации в условиях цифровой трансформации в научных исследованиях освещается впервые, и для авторов статьи данная проблематика представляет большой интерес. Ценным научно-информационным источником являются теоретические разработки И.Адизеса, Т.Ю.Базарова, С.В.Василенко, М.В.Вишняковой, В.С.Карпичева, А.Я.Кибанова, Т.Ю.Кожевниковой, П.В.Малиновского, А.Я.Фурмановой, Б.Хоровиц. Так, Т.Ю.Базаров рассматривает корпоративную культуру как интегральную характеристику компании и сложный комплекс устойчивых убеждений, бездоказательно принимаемых большинством сотрудников организации и выражаемых в заявленных организацией ценностях, которые задают людям ориентиры их поведения и действия, т.к. данное понятие тесно связано с понятием «культивировать» - выращивать, развивать, обучать [2, с.78]. Таким образом, корпоративная культура – это уникальные отличительные особенности организации: ценности, нормы, коллективные базовые формальные и неформальные правила, символика. традиции, ритуалы, ожидания, установки, условия труда, смыслы, пространство, убеждения, образ мышления, стандарты качества выпускаемого продукта, способ деятельности. Неслучайно В.А.Спивак определял корпоративную культуру как очень сложное, многослойное, динамичное явление, включающее и материальное, и духовное в поведении

организации по отношению к субъектам внешней среды и к сотрудникам организации {2, с. 91].

Г.Хофштед акцентирует внимание на коллективном программировании к определению семантики данного понятия, т.к. культурные стереотипы и паттерны поведения люди осваивают точно так же, как и родной язык [2, с. 84]. Историографически понятие «корпоративная культура» толковалось как социально – духовное поле компании, которое должно поддерживаться управленческой командой, задавать общие рамки делового поведения сотрудников организации, согласовываться с корпоративной стратегией развития организации и стать стратегическим инструментом ее инновационного актива. Корпоративная культура компании становится, таким образом, стратегическим инструментом инновационного актива организации и инвестиционной активности бизнеса только в том случае, когда есть сплав – ценностей, убеждений, мотивации и делового поведения персонала организации.

Изученная источниковедческая база позволила создать солидный банк информации, опираясь на который, стало возможно теоретически осмыслить семантику исследуемых понятий. Корпоративная культура – это прежде всего система корпоративных ценностей, которые принимаются в процессе обсуждения и разделяются добровольно (не принудительно!) всеми сотрудниками компании, и являются ориентирами в их деловом поведении и ставшей традицией образе мышления. Корпоративная культура всегда опредмечивается в определенных конструктах – этических кодексах, должностных инструкциях, положениях, локальных нормативных правовых актах, регламентирующих деятельность персонала, а также в комплексе социальных регуляторов - традициях, нормах, правилах и образцах поведения, зонах ответственности сотрудников, способах оценки результатов их деятельности.

При всей широте диапазона научных исследований по корпоративному управлению разработка модели культурного кода и программы трансформации корпоративной культуры современной организации остается фрагментарной как в научном, так и в прикладном плане. Научное обоснование возможности внедрения в практику корпоративного управления авторских разработок обусловлено прежде всего эмпирическим подтверждением профессиональной полезности и управленческой значимости их использования в деятельности организации в условиях цифровой трансформации. Теоретико-методологическую базу исследования составили следующие методы и принципы познания социально-экономических явлений и процессов: социального детерминизма, системности, синергетического и структурно-функционального анализа управленческих процессов, происходящих в деятельности современных организаций [3, с.18]. Практическая значимость исследования определяется тем, что теоретические выводы и научные результаты исследования предоставляют возможность их использования в процессе разработки и апробации модели системного мониторинга показателей результативности деятельности организации с обязательным учетом ее специфики, стратегических приоритетов и ключевых направлений работы организации.

Результаты исследования и обсуждение

Технологическое проектирование программы трансформации корпоративной культуры в ПАО «Россети Московский регион» предполагает следующую процедурную логику, предполагающую последовательное осуществление пяти этапов:

- организационная диагностика корпоративной культуры компании;
- стратегический выбор фокуса корпоративной культуры организации с учетом рыночных приоритетов, бизнес-модели, ключевых целей и корпоративной стратегии развития организации;
- диагностика актуальности и работоспособности основных компонентов корпоративной культуры компании;
- планирование организационных изменений по выстраиванию в компании корпоративной культуры в соответствии со стратегическим фокусом на основе культурного кода;
- оценка полученных результатов реализации программы трансформации корпоративной культуры компании и необходимые коррекционные мероприятия.

Организационную диагностику корпоративной культуры организации целесообразно проводить, начиная с определения уровня удовлетворенности сотрудников работой в компании, по следующим ключевым метрикам: условия труда, профессиональное развитие и обучение, социальный пакет и уровень оплаты труда, социально-психологический климат в коллективе, готовность повторно выбрать компанию как организацию-работодателя. Результаты исследования в ПАО «Россети Московский регион» показали, что социальным пакетом и уровнем оплаты труда довольны 85% респондентов, 81% опрошенных положительно оценили социально-психологический климат в коллективе, 74% сотрудников выразили готовность повторно выбрать ПАО «Россети Московский регион» как организацию – работодателя. Примечателен тот факт, что только 68% респондентов положительно оценили условия труда в компании, отмечая проблемы с закупкой необходимых материалов, инструментов, канцелярских принадлежностей, установкой ПО, устаревшими версиями офисных программ, дефицита определенного оборудования и спецодежды (отмечены жалобы сотрудников по поводу комплектации одежды, выдачи летней формы, чисткой и размерного ряда одежды, отсутствия перчаток, касок и т.д.), работой столовых, обеспечением транспорта в офис и местам проведения различных работ. Следует также отметить, что только 51% сотрудников довольны уровнем оплаты труда в компании. Вместе с тем, 83% респондентов получили профильное высшее образование за счет компании, 82% - закончили обучение в магистратуре, 79% - прошли обучение по программам дополнительного профессионального образования и повышения квалификации. 90% сотрудников получили материальную помощь, компенсации по оплате за детский сад и другие выплаты. 86% сотрудников получили возможность оформить полис ДМС по корпоративному тарифу.

Результаты проведенного исследования показали, что только 15% сотрудников готовы предложить компании идеи по оптимизации работы организации, 36% респондентов не выразили готовность внести какие-либо предложения в деятельность компании, а 49% опрошенных затруднились ответить на данный вопрос. При этом, 23% сотрудников отметили, что вносить предложения по работе компании они готовы при оказании помощи и поддержке со стороны руководства организации. Следует отметить тот факт, что 36% сотрудников компании готовы принимать участие в различных корпоративных мероприятиях – Дне энергетика, Дне ветерана, Дне компании, и только 16% - в молодежных мероприятиях. Основными предложениями сотрудников по оптимизации работы компании были следующие пожелания: дополнительное премирование по индивидуальным результатам работы сотрудника, снижение «чрезмерного уровня контроля» и «количества переработок», введение гибкого графика работы, «улучшение отношения руководства к своим сотрудникам».

На этапе организационной диагностики была проведена стратегическая сессия с целью анализа ключевых проблем в управлении компанией в условиях экономической волатильности российского рынка. По мнению участников стратегической сессии, в компании сложился стихийный формат корпоративной культуры силы и правил, основанная на жесткой дисциплине, нарушениях кросс-функционального взаимодействия структурных подразделений, отсутствии предпринимательской активности и инициативы, следовании регламентам и за руководителями-лидерами, жесткой иерархичности.

Современный управленческий инструментарий позволяет грамотно провести организационную диагностику корпоративной культуры организации. Так, прорывным кейсом в рамках проведенного исследования являлся проект по определению формата корпоративной культуры ПАО «Россети Московский регион», принятого в компании в данный момент времени по диагностическому опроснику «Типология корпоративных культур российских компаний» Т.Ю.Базарова и П.В.Малиновского, который получил широкое распространение в отечественной управленческой практике. Данная типология выстроена на классификации корпоративных культур компаний по типу их совместной деятельности (бюрократическая, органическая, предпринимательская и партисипативная корпоративная культура). Данная типология ориентирована на понимание корпоративной культуры как ДНК любой организации или корпоративное ядро, которое оказывает влияние на внутреннюю жизнь организации (социально-психологический климат, специфику делового общения и т.д.), и на ее конкурентный профиль.

Результаты проведенного исследования показали, что преобладающий формат корпоративной культуры ПАО «Россети Московский регион» - органический со значительным присутствием элементов бюрократической корпоративной культуры. В 5 раз меньше выборов респондентов предпринимательского формата. Результаты исследования зафиксировали определенный организационный порядок в компании: четкость целей, регулярность отчетов и оценок результативности работы персонала организации со стороны руководителей, последовательность административных процедур, стабильность жизнедеятельности компании, дисциплину и жесткий административный распорядок в реализации технологий и бизнес-процессов, т.е. для ПАО «Россети Московский регион» характерна управляемость в согласованности стратегических целей и осуществлении управленческих решений. На итоговой стратегической сессии, проведенной И.Н.Рассказовой, управленческой командой было принято решение о проведении трансформации корпоративной

культуры ПАО «Россети Московский регион» с целью повышения результативности деятельности ее сотрудников, инновационной активности персонала компании, вовлеченности сотрудников в бизнес-процессы и выполнение рабочих задач, усиления динамики бизнеса и стратегической гибкости и адаптивности компании к глобальным вызовам.

На втором этапе технологического проектирования программы трансформации корпоративной культуры в компании был осуществлен стратегический выбор фокуса корпоративной культуры ПАО «Россети Московский регион» - максимальная клиентоцентричность. Фокус корпоративной культуры компании задает вектор ее развития, а также определяет набор вводимых практик по ежедневной работе сотрудников компании – планированию деятельности сотрудников, делегированию рабочих задач, управлению по их исполнению, конструктивной обратной связи, каскадирующему контролю, проведению результативных совещаний. Стратегический выбор фокуса корпоративной культуры организации предполагает также определение комплекса маркеров делового поведения сотрудников в соответствии со стратегическими целями развития компании. Таким образом, на данном этапе происходит стратегический выбор направления движения компании, смысла организационной трансформации с целью повышения ее конкурентоспособности и устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

На третьем этапе технологического проектирования программы трансформации корпоративной культуры в компании была осуществлена диагностика актуальности и работоспособности пяти основных компонентов корпоративной культуры максимальной клиентоцентричности. На данном этапе проанализированы все компоненты корпоративной культуры компании - идеология, стратегические приоритеты, единые корпоративные ценности; управленческие решения; правила делового поведения сотрудников; поведенческие нормы персонала; корпоративные традиции, а также степень их влияния на целеполагание, бизнес-планирование, централизацию управленческих решений, строгость в разделении полномочий и зон ответственности, трудовую дисциплину, коммуникационную открытость компании.

В Кодексе корпоративной этики и должностного поведения ПАО «Россети Московский регион» представлены следующие корпоративные ценности, поддерживающие «высокую корпоративную культуру» компании: надежность, человеческий ресурс, эффективность, безопасность, социальная ответственность. Идеологема «инновационность» декларируется руководством с целью активизации нововведений, инноваций в компании и ускорения в их реализации. Данная идеологема ПАО «Россети Московский регион» поддерживается программой инновационного развития компанией, целью которой является переход к новому технологического укладу электроэнергетики и реализации инновационных проектов с адаптивными характеристиками надежности, эффективности, доступности, управляемости и максимальной клиентоцентричности электросетевого хозяйства ПАО «Россети Московский регион».

В проведенном исследовании были проанализированы стратегические приоритеты и идеологемы руководства компании и их конкретизация в стратегиях и управленческих решениях, а также механики трансляции на все уровни управления организацией. Идеология ничего не стоит, если она не каскадируется и не доводится до каждого структурного подразделения, линейного руководителя и персонала организации. Управленческие решения в виде приказов, распоряжений, рабочих задач, требований, заданий предполагают реализацию выбранных стратегических приоритетов компании в практику работы компании. На этом уровне происходит перевод стратегических инициатив в конкретные требования к сотрудникам организации. При этом стратегические цели оцифровываются и формулируются в индивидуальных планах работы сотрудников в виде конкретных показателей.

Результаты исследования показывают, что в условиях цифровой трансформации разработанная в компании система ключевых показателей результативности деятельности сотрудников оптимальна, т.к. состоит из трех блоков: финансовые показатели (выручка, EBITDA, чистая прибыль, рыночная капитализация и др.), производственные (отпуск электрической энергии из сети потребителям, потери электроэнергии, мощность подстанций и др.), социальные (расходы на обучение персонала, уровень текучести кадров, ROI по образовательной программе, NPS, затраты на корпоративные мероприятия и др.). В процессе проведенного исследования был проанализирована система корпоративных правил с целью интеграции компании, повышении согласованности в стратегических целях и действиях сотрудников на основе корпоративных норм.

На следующем этапе технологического проектирования программы трансформации корпоративной культуры в компании осуществлялось планирование организационных изменений по выстраиванию в компании корпоративной культуры максимальной клиентоцентричности на основе модели «Культурный код ПАО «Россети Московский регион». Данный этап работы предполагал технологическое проектирование и осуществление конкретных мероприятий по выстраиванию в компании определенного формата корпоративной культуры по основным пяти компонентам - идеологии, стратегическим приоритетам, единым корпоративным ценностям; управленческим решениям; правилам делового поведения сотрудников; поведенческим нормам персонала; корпоративным традициям. Данный этап предполагал разработку и реализацию модели «Культурный код ПАО «Россети Московский регион» по трем блокам – корпоративная стратегия инновационного развития компании через корпоративную культуру максимальной клиентоцентричности»; организация, нацеленная на результат; компания, в которой работают лучшие из лучших. Модель «Культурный код ПАО «Россети Московский регион» представлена на рисунке и отражает управленческую значимость корпоративной культуры как инновационного стратегического бизнес - актива компании в условиях цифровой трансформации.

Представленная авторская модель культурного кода организации отражает единство корпоративного пространства и рабочей среды, образа мышления, традиций, моделей делового поведения сотрудников всех уровней, совпадение корпоративных ценностей, единой ментальности, корпоративной идентичности и уникальности. На стратегической сессии, посвященной обсуждению культурного кода компании, была предложена следующая метафора: культурный код – это скелет, от здоровья которого зависит результативность ее деятельности и реализуемость инновационных проектов; связки и мышцы, помогающие скелету двигаться – это коммуникативное пространство и процесс принятия управленческих решений; нервная система, умело управляющая красотой движений – это стратегическое видение, стратегические цели и корпоративная стратегия развития организации.

Рисунок – Модель «Культурный код ПАО «Россети Московский регион»

На пятом этапе технологического проектирования программы трансформации корпоративной культуры в компании была проведена оценка полученных результатов реализации программы и аналитика необходимых коррекционных мероприятий. На данном этапе была разработана дорожная карта дальнейших исследований по организационной трансформации и проведению анкетных опросов сотрудников по причинам увольнения персонала, ключевым мотиваторам и драйверам, факторам вовлеченности сотрудников в бизнес – процессы, а также календарь стратегических и вовлекающих сессий по обсуждению модели культурного кода ПАО «Россети Московский регион», аудиту организационных проблем и предложений по оптимизации работы и корпоративному оптимизму.

Заключение

Корпоративная культура современной компании определяет уровень организованности и управляемости компании, который предоставляет руководителям уникальную возможность не только экономить на управлении, но и значительно повышать его эффективность. Представим практические рекомендации и ключевые направления деятельности по эффективной реализации программы трансформации корпоративной культуры компании на основе модели культурного кода ПАО «Россети Московский регион», которые могут, на наш взгляд, преодолеть проблемные ситуации в управлении организацией: разработка Положения о корпоративной культуре максимальной клиентоцентричности ПАО «Россети Московский регион»; организация вовлекающих сессий с целью привлечения сотрудников компании в процесс обсуждения единых

корпоративных ценностей как дальнейшего руководства к действию и повышению результативности работы ПАО «Россети Московский регион»; планирование информационного сопровождения реализации программы трансформации корпоративной культуры компании в формате диалога, коллегиальности и доверительности с целью обеспечения максимальной открытости, честности и прозрачности коммуникаций с персоналом компании; демонстрация руководителями личного примера следования корпоративным ценностям и трансляция необходимых для решения рабочих задач правил делового поведения сотрудников компании; создание пула амбассадоров корпоративной культуры максимальной клиентоцентричности ПАО «Россети Московский регион», эффективно работающих с сопротивлением коллег и осуществляющих поддержку организационных изменений; разработка и реализация системы корпоративного обучения руководителей и сотрудников практикам регулярного менеджмента с целью повышения результативности деятельности сотрудников компании и вовлеченности персонала в реализацию бизнес-плана, программы инновационного развития и корпоративной стратегии развития ПАО «Россети Московский регион» на период до 2030 г.

Литература

1. Адизес И. Развитие лидеров. Как понять свой стиль управления и эффективно общаться с носителями иных стилей. - М.: Альпина Паблишер, 2020. - 258 с.
2. Базаров Т.Ю. Психология управления персоналом: учебник и практикум для вузов. - 2-е изд.- М.: Издательство Юрайт, 2026. - 382 с.
3. Баринов В.А., Макаров Л.В. Корпоративная культура организации // Менеджмент в России и за рубежом. - 2020. №2. - С. 12-13.
4. Вишнякова М.В. Мифы и правда о MBTI и корпоративной культуре. Как управлять собой и другими. - СПб.: Питер, 2021. - 336 с.
5. Егорова А.А. Вовлеченные сотрудники: как создать команду, которая работает с полной отдачей и достигает высоких результатов. - М.: Эксмо, 2023. - 336 с.
6. Рассказова И.Н. Функции современной HR-службы организации // Кадровая политика и кадровый аудит организации: учебник для вузов / под общей редакцией Л. В. Фотиной. - М.: Издательство Юрайт, 2026. - С. 329 - 347.
7. Кожевникова Т.Ю. Корпоративная культура. - М.: Эксмо, 2023. - 240 с.
8. Крамер И., Браун Д. Как управлять корпоративным племенем. Прикладная антропология для топ-менеджера. - М.: Альпина Паблишер, 2020. - 406 с.
9. Логан Д., Кинг Дж., Фишер-Райт, Х. Лидер и племя. Пять уровней корпоративной культуры. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2023. - 304 с.
10. Манн И., Манн Е. Доверие. Без доверия нет ничего. Чек-лист и руководство для того, кто продает, управляет и выстраивает отношения. - М.: СилаУма-Паблишер, 2023. - 192 с.
11. Хоровиц Б. Мы – то, что мы делаем. Как строить культуру компании. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2021. - 256 с.
12. Frederick W.C. Corporation Be Good! the Story of Corporate Social Responsibility. – Dog Ear Publishing, 2025.
13. Mangalam N. Lean Product Management: Successful products from fuzzy business ideas. - Packt Publishing Ltd, 2026. – 240 p.

Corporate culture as an innovative strategic business asset in the context of digital transformation

Kirakosyan A.V., Rasskazova I.N.
RANEPA

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The authors' research interest is focused on developing a corporate culture transformation program as an innovative strategic business asset that can be monetized to increase employee motivation and performance, ensuring business stability, resilience, and viability in the context of digital transformation. According to the proposed hypothesis of the research presented in this article, the transformation of corporate culture with a strategic focus on maximum customer-centricity and the development of a model of its unique cultural code significantly improve the company's strategic flexibility and adaptability to the challenges of turbulent changes and help the organization achieve unique competitive advantages in the process of implementing innovative projects. The scientific novelty and managerial significance of this research are determined by the fact that the program of corporate culture transformation proposed by the authors and the development of.

Keywords: corporate culture transformation, digital transformation, organizational cultural code, innovative strategic business asset, maximum customer centricity, antifragility.0

References

1. Adizes I. Leadership Development. How to Understand Your Management Style and Communicate Effectively with People of Other Styles. Moscow: Alpina Publisher, 2020. 258 p.
2. Bazarov T. Yu. Psychology of Personnel Management: Textbook and Workshop for Universities. 2nd ed. Moscow: Yurait Publishing House, 2026. 382 p.
3. Barinov V. A., Makarov L. V. Corporate Culture // Management in Russia and Abroad. 2020. No. 2. pp. 12-13.
4. Vishnyakova M. V. Myths and Truth about MBTI and Corporate Culture. How to Manage Yourself and Others. St. Petersburg: Piter, 2021. 336 p.
5. Egorova A. A. Engaged Employees: How to Build a Team That Performs at Full Dedication and Achieves High Results. Moscow: Eksmo, 2023. 336 p.
6. Rasskazova, I.N. Functions of a Modern HR Service in an Organization // HR Policy and HR Audit of an Organization: A Textbook for Universities / Edited by L.V. Fotina. Moscow: Yurait Publishing House, 2026. pp. 329–347.
7. Kozhevnikova, T.Yu. Corporate Culture. Moscow: Eksmo, 2023. 240 p.
8. Kramer, I., Brown, D. How to Manage a Corporate Tribe. Applied Anthropology for Top Managers. Moscow: Alpina Publisher, 2020. 406 p.
9. Logan, D., King, J., Fisher-Wright, H. The Leader and the Tribe. Five Levels of Corporate Culture. Moscow: Mann, Ivanov, and Ferber, 2023. 304 p.
10. Mann, I., Mann, E. Trust. Without Trust, There Is Nothing. A Checklist and Guide for Those Who Sell, Manage, and Build Relationships. Moscow: SilaUma-Publisher, 2023. 192 p.
11. Horowitz, B. We Are What We Do. How to Build a Company Culture. Moscow: Mann, Ivanov, and Ferber, 2021. 256 p.
12. Frederick, W.C. Corporation Be Good! the Story of Corporate Social Responsibility. Dog Ear Publishing, 2025.
13. Mangalam, N. Lean Product Management: Successful Products from Fuzzy Business Ideas. Packt Publishing Ltd, 2026. 240 rubles.

Теоретические подходы к формированию методологии ESG-управления в цифровой экономике

Кочнев Сергей Андреевич
аспирант, факультета экономики и управления, Московская международная академия, sergey050401@gmail.com

В статье рассматриваются теоретические подходы к формированию методологии ESG-управления в условиях цифровой экономики. Проведён анализ эволюции концепции устойчивого развития и её интеграции в управленческую практику предприятий. Выявлены ключевые теоретические основания, определяющие специфику ESG-менеджмента в условиях цифровой трансформации: стейкхолдерский подход, ресурсная теория, институциональная теория и концепция динамических способностей. Обоснована необходимость формирования интегрированной методологии, объединяющей принципы устойчивого развития и возможности цифровых технологий. Предложена концептуальная модель цифрового ESG-управления, включающая уровни стратегического целеполагания, операционной интеграции, цифрового мониторинга и стейкхолдерского взаимодействия. На примере российских компаний (ПАО «Сбербанк», ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «Норильский никель») проиллюстрированы практики цифровизации ESG-процессов. Определены барьеры внедрения и сформулированы рекомендации по дальнейшему развитию методологии ESG-управления в цифровой среде.

Ключевые слова: ESG-управление, цифровая экономика, устойчивое развитие, цифровая трансформация, стейкхолдерский подход, методология управления, корпоративная социальная ответственность, ESG-рейтинг.

Введение

Современная экономика развивается под воздействием двух взаимосвязанных процессов — распространения ESG-подхода и цифровой трансформации, что формирует новые требования к системе управления предприятием. Актуальность исследования обусловлена сохранением значимости ESG-повестки для российских компаний [1], институциональной поддержкой цифровой трансформации [2], а также недостаточной разработанностью целостной методологии на стыке ESG и цифровизации.

Цель исследования — систематизировать теоретические подходы к формированию методологии ESG-управления в цифровой экономике и предложить соответствующую концептуальную модель. Для этого проанализированы эволюция ESG-концепции, особенности цифровой трансформации и теоретические основания их интеграции, а также рассмотрены практики российских компаний. Методологическую основу составили анализ, синтез, сравнение, моделирование и контент-анализ научных и корпоративных источников.

1. Эволюция концепции ESG и её теоретические основания

1.1. От корпоративной социальной ответственности к ESG-управлению

Концепция ESG является результатом длительной эволюции представлений о роли бизнеса в обществе. Истоки данного подхода восходят к работам Г. Боуэна (1953), впервые сформулировавшего понятие социальной ответственности бизнесмена [3]. Однако формирование ESG как самостоятельной управленческой парадигмы произошло значительно позже.

Можно выделить несколько ключевых этапов этой эволюции (табл. 1).

Таблица 1
Этапы эволюции подходов к устойчивому корпоративному управлению

Этап	Период	Содержание	Ключевые документы / события
1. Зарождение КСО	1950–1970-е гг.	Осознание социальной ответственности бизнеса, преимущественно филантропический подход	Работы Г. Боуэна, А. Кэрролла
2. Стейкхолдерский подход	1980–1990-е гг.	Расширение круга заинтересованных сторон, баланс интересов	Теория стейкхолдеров Р.Э. Фримена (1984)
3. Триединый итог (TBL)	1990–2000-е гг.	Интеграция экономического, экологического и социального измерений	Концепция Дж. Элкингтона (1997), GRI
4. Формирование ESG	2004–2015 гг.	Инвестиционный подход к устойчивости, появление ESG-рейтингов	Доклад ООН «Who Cares Wins» (2004), PRI (2006)
5. Цифровой ESG	2015 г. — н.в.	Интеграция цифровых технологий в ESG-управление	ЦУР ООН (2015), Парижское соглашение, TCFD

Составлено автором на основе [3; 4; 5; 6].

Принципиально важным рубежом стал 2004 год, когда в докладе Глобального договора ООН «Who Cares Wins» впервые была использована аббревиатура ESG и обоснована взаимосвязь экологических, социальных и управленческих факторов с долгосрочной финансовой эффективностью компаний [5]. Данный доклад ознаменовал переход от преимущественно этического обоснования корпоративной ответственности к экономическому, что существенно расширило круг заинтересованных в ESG-повестке субъектов.

В российском контексте развитие ESG-управления имеет свою специфику. Как отмечают И.В. Ивашковская и А.И. Степанова, российские компании прошли ускоренный путь от формального следования стандартам корпоративной социальной ответственности к попыткам системной интеграции ESG-принципов в стратегическое управление, что во многом обусловлено давлением международных рынков капитала и требованиями зарубежных инвесторов [7]. После 2022 года, несмотря на изменение геоэкономической ситуации, ESG-повестка не утратила актуальности, но трансформировалась: акцент сместился с международных рейтингов на внутренние стандарты и национальные приоритеты устойчивого развития [8].

1.2. Теоретические основания ESG-управления

ESG-управление в цифровой экономике опирается на совокупность взаимодополняющих подходов. Стейкхолдерская теория акцентирует учёт интересов заинтересованных сторон [4], ресурсная — роль ESG-

компетенций и нематериальных активов как источников конкурентных преимуществ [9], институциональная — влияние внешнего регуляторного и нормативного давления [10], а концепция динамических способностей — необходимость постоянной адаптации системы управления к изменяющейся среде [11]. В совокупности это обосновывает необходимость интегрированной методологической рамки ESG-управления, учитывающей как внешние требования, так и внутренние управленческие и цифровые возможности предприятия.

2. Цифровая трансформация как контекст ESG-управления

2.1. Содержание и особенности цифровой трансформации

Цифровая трансформация представляет собой не только автоматизацию отдельных процессов, но и глубокое изменение бизнес-моделей, организационных структур и управленческих практик на основе цифровых технологий [12]. В сфере ESG-управления она формирует как новые возможности, так и дополнительные вызовы.

Наиболее значимыми для ESG-управления являются следующие цифровые технологии. Технологии больших данных (Big Data) обеспечивают сбор, хранение и анализ массивов информации об экологических, социальных и управленческих аспектах деятельности предприятия; при этом ESG-данные обладают ключевыми характеристиками «больших данных» — объёмом, скоростью, разнообразием и достоверностью [13]. Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют автоматизировать оценку ESG-рисков, прогнозировать экологические эффекты и анализировать социальные показатели; применение таких алгоритмов повышает точность ESG-оценки за счёт обработки неструктурированных данных [14]. Интернет вещей (IoT) обеспечивает мониторинг экологических параметров в режиме реального времени, включая выбросы, потребление ресурсов и состояние оборудования. Блокчейн-технологии повышают прозрачность и верифицируемость ESG-данных, в том числе в цепочках поставок, снижая риск greenwashing. Цифровые платформы и экосистемы расширяют возможности взаимодействия со стейкхолдерами, агрегации информации и координации совместных действий.

2.2. Взаимосвязь цифровой трансформации и ESG-управления

Взаимодействие цифровой трансформации и ESG-управления носит двунаправленный характер. Цифровые технологии повышают эффективность ESG-процессов за счёт автоматизации сбора данных, предиктивной аналитики рисков, обеспечения прозрачности отчётности и непрерывного IoT-мониторинга экологических показателей. В свою очередь, ESG-повестка задаёт вектор цифровой трансформации: стимулирует внедрение энергоэффективных ИТ-решений, формирует требования к цифровой инклюзии, защите данных и этике ИИ, а также определяет стандарты кибербезопасности и прозрачности алгоритмов. Эта взаимная обусловленность формирует феномен «двойного перехода» (twin transition) — синхронной цифровой и устойчивой трансформации, в рамках которой оба процесса взаимно усиливают друг друга. Термин активно используется в европейской практике и закреплён в документах Европейской комиссии [15], однако в отечественной науке о менеджменте он пока не получил достаточного теоретического осмысления.

3. Систематизация подходов к формированию методологии ESG-управления в цифровой среде

3.1. Анализ существующих методологических подходов

На основе анализа научной литературы можно выделить несколько сложившихся подходов к методологическому обеспечению ESG-управления, каждый из которых по-разному учитывает фактор цифровизации (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ подходов к методологии ESG-управления

Подход	Основные представители	Фокус	Учёт цифровизации	Ограничения
Нормативно-стандартизационный	GRI, SASB, TCFD, российские стандарты	Стандартизация отчётности и раскрытия информации	Низкий - цифровые инструменты рассматриваются как средство подготовки отчётности	Фокус на отчётности, а не на управлении; реактивный характер
Рейтинговый	MSCI, S&P, RAEX, НРА	Сравнительная оценка ESG-результативности компаний	Средний - используются алгоритмы обработки данных	Методологическая непрозрачность; различия в методиках рейтинговых агентств
Риск-ориентированный	COSO, ISO 31000, работы А.А. Лобанова	Интеграция ESG-рисков в систему корпоративного риск-менеджмента	Средний - цифровые инструменты для мониторинга рисков	Преимущественно защитная ориентация; недостаточный учёт возможностей
Стратегический	М. Портер, М. Крамер (CSV); И.В. Ивашковская	Интеграция ESG в стратегическое управление и создание разделяемой ценности	Низкий - цифровизация не рассматривается как стратегический фактор ESG	Высокая абстрактность; сложность операционализации
Цифро-аналитический	Deloitte, McKinsey, исследования в области ESG Tech	Применение цифровых технологий для ESG-аналитики и мониторинга	Высокий	Технологический детерминизм; недостаточный учёт организационных и культурных факторов

Составлено автором на основе [5; 6; 7; 16; 17; 18].

Анализ таблицы 2 показывает, что каждый из существующих подходов к ESG-управлению имеет ограничения в условиях «двойного перехода»: нормативный — сводится к отчётности, рейтинговый — непрозрачен, риск-ориентированный — игнорирует возможности, стратегический — слабо операционализирован и не учитывает цифру, цифро-аналитический — недооценивает организационные и институциональные аспекты.

3.2. Обоснование интегрированного подхода

Необходимость интегрированного подхода к ESG-управлению в цифровой экономике обусловлена ограниченностью отдельных теорий. Его основу составляют пять принципов: системность — ESG как сквозной элемент управления; процессность — управление через цепочку процессов, усиленную цифровизацией; стейкхолдерская ориентация — учёт ожиданий сторон с опорой на цифровые каналы; адаптивность — способность к обновлению под влиянием изменений; доказательность (data-driven) — принятие решений на основе верифицируемых данных, обеспечиваемых цифровыми инструментами.

4. Концептуальная модель цифрового ESG-управления

4.1. Структура модели

На основе выявленных теоретических оснований и принципов интегрированного подхода предлагается концептуальная модель цифрового ESG-управления, включающая четыре взаимосвязанных уровня (табл. 3).

Таблица 3

Концептуальная модель цифрового ESG-управления: уровни, содержание, цифровые инструменты

Уровень	Содержание	Ключевые процессы	Цифровые инструменты	Теоретическое основание
I. Стратегический	Определение ESG-целей, интеграция в миссию и стратегию	Анализ существенности, целеполагание, стратегическое планирование	Платформы стратегического анализа, BI-системы, сценарное моделирование	Ресурсная теория, стратегический менеджмент
II. Операционный	Интеграция ESG в бизнес-процессы	Управление экологическими аспектами, HR-процессы, комплаенс, управление цепочками поставок	ERP-системы с ESG-модулями, IoT-датчики, автоматизация процессов	Процессный подход, институциональная теория
III. Аналитический	Мониторинг, оценка, прогнозирование ESG-результативности	Сбор ESG-данных, расчёт показателей, формирование отчётности, предиктивная аналитика	Big Data, ИИ/ML, дашборды, блокчейн для верификации	Концепция доказательного управления
IV. Коммуникационный	Взаимодействие со стейкхолдерами по ESG-вопросам	Раскрытие информации, диалог со стейкхолдерами, управление репутацией	Цифровые платформы, социальные сети, чат-боты, CRM-системы	Стейкхолдерский подход

Составлено автором.

Принципиальной особенностью предлагаемой модели является её циклический характер: результаты аналитического и коммуникационного уровней формируют обратную связь, влияющую на стратегический и операционный уровни. Цифровые технологии обеспечивают скорость и качество этой обратной связи, что позволяет реализовать принцип адаптивности.

4.2. Механизмы взаимодействия уровней модели

В модели выделяются вертикальные и горизонтальные связи. Вертикальные обеспечивают каскадирование ESG-целей от стратегического к операционному уровню и обратную связь через аналитический контур; цифровые решения (OKR, BSC с ESG-метриками) автоматизируют данный процесс. Горизонтальные связи направлены на координацию функциональных подразделений, обеспечивая интеграцию экологического, социального и управленческого блоков посредством цифровых платформ.

Ключевым элементом модели выступает «цифровой слой» — единая технологическая среда ESG-управления, включающая хранилище

данных (data lake), интеграционные механизмы обмена информацией (API), инструменты аналитики и средства визуализации и отчётности.

4.3. Ключевые показатели эффективности цифрового ESG-управления

Оценка результативности функционирования предложенной модели требует системы показателей, отражающей как ESG-результаты, так и степень цифровизации ESG-процессов. Предлагается следующая структура показателей (табл. 4).

Таблица 4

Система показателей оценки цифрового ESG-управления

Группа показателей	Примеры показателей	Источники данных
ESG-результативность (E)	Углеродный след (т CO_2-экв.), доля возобновляемой энергии (%), объём переработанных отходов (%)	IoT-датчики, системы экологического мониторинга
ESG-результативность (S)	Текучесть кадров (%), индекс вовлечённости персонала, доля социальных инвестиций в выручке (%)	HR-системы, опросные платформы
ESG-результативность (G)	Доля независимых директоров (%), индекс раскрытия информации, наличие ESG-комитета	Системы корпоративного управления
Цифровая зрелость ESG	Доля автоматизированных ESG-процессов (%), скорость подготовки ESG-отчётности, количество интегрированных источников ESG-данных	ИТ-системы аудита, log-файлы
Интегрированные показатели	ESG-скоринг с учётом цифровой зрелости, индекс «двойного перехода»	Расчётные модели

Составлено автором.

5. Практические аспекты реализации модели: опыт российских компаний

5.1. Анализ практик цифровизации ESG-управления в российских компаниях

Для иллюстрации теоретических положений проведён анализ практик трёх крупнейших российских компаний, являющихся лидерами как в области ESG, так и в цифровой трансформации: ПАО «Сбербанк», ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «Норильский никель» (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительный анализ практик цифрового ESG-управления российских компаний

Критерий	ПАО «Сбербанк»	ПАО «СИБУР Холдинг»	ПАО «Норильский никель»
Стратегический уровень	ESG интегрирован в Стратегию-2026; ESG-показатели включены в KPI топ-менеджмента	Стратегия устойчивого развития до 2025 г.; цели по углеродной нейтральности	Стратегия экологического и социального управления; «Серная программа»
Операционный уровень	«Зелёная» ипотека, ESG-скоринг заёмщиков на основе ИИ, цифровизация HR-процессов	Цифровые двойники производств, предиктивное обслуживание, автоматизация экомониторинга	Автоматизированный экологический мониторинг, система управления промышленной безопасностью
Аналитический уровень	AI-платформа для ESG-аналитики, автоматизированная ESG-отчётность	Платформа управления данными, IoT-мониторинг выбросов	Система онлайн-мониторинга выбросов, цифровая экологическая лаборатория
Коммуникационный уровень	Цифровые каналы взаимодействия со стейкхолдерами, онлайн-отчётность	Интерактивный ESG-отчёт, цифровые платформы для поставщиков	Цифровая платформа взаимодействия с коренными народами, интерактивная отчётность

Составлено автором на основе публичных данных компаний [19; 20; 21].

ПАО «Сбербанк» демонстрирует комплексную интеграцию ESG и цифровых технологий, что соответствует его модели технологической компании. Применение ESG-скоринга корпоративных заёмщиков на основе алгоритмов искусственного интеллекта позволяет учитывать ESG-факторы при кредитных решениях в автоматизированном режиме, обеспечивая интеграцию устойчивых критериев в ключевые бизнес-процессы.

ПАО «СИБУР Холдинг» иллюстрирует использование технологий Индустрии 4.0 для реализации ESG-целей: цифровые двойники производств применяются для моделирования экологического воздействия и оптимизации ресурсопотребления, а IoT-системы обеспечивают непрерывный мониторинг выбросов.

Для ПАО «Норильский никель» ESG-управление, прежде всего в экологической сфере, является стратегически значимым элементом операционной деятельности. Реализация «Серной программы» сопровождается внедрением автоматизированного экологического мониторинга, а взаимодействие с коренными народами интегрировано в систему ESG через цифровые коммуникационные инструменты.

5.2. Выявленные закономерности и барьеры

Анализ практик российских компаний выявил: 1) неравномерную цифровизацию ESG — лидирует «E» (IoT, измеримость), «S» — в HR, «G» — отстаёт; 2) прямую связь между цифровой зрелостью компании и уровнем ESG-цифровизации; 3) преобладание точечных технологических решений при отсутствии системной методологии. Ключевые барьеры: отсутствие стандартов, дефицит компетенций, высокая стоимость решений, проблемы с данными и ограниченный доступ к международной инфраструктуре.

6. Направления развития методологии ESG-управления в цифровой экономике

На основе теоретического анализа и изучения практик российских компаний можно выявить, что приоритетными направлениями развития методологии выступают: разработка национальных стандартов цифрового ESG-мониторинга, формирование междисциплинарных компетенций «двойного перехода», создание методов оценки эффективности с интегрированными метриками, учёт отраслевой специфики и разработка моделей зрелости цифрового ESG-управления.

Заключение

Проведённое Исследование показало: ESG-управление в цифровой экономике — результат «двойного перехода», требующий интеграции стейкхолдерского, ресурсного, институционального подходов и динамических способностей. Предложенная 4-уровневая модель (стратегический, операционный, аналитический, коммуникационный) подтверждена практикой российских компаний, выявившей неравномерность цифровизации ESG, зависимость от цифровой зрелости и технологический уклон без методологии. Приоритеты развития: национальные стандарты, компетенции «двойного перехода», метрики эффективности, отраслевые особенности, модели зрелости. Дальнейшие исследования — верификация модели, количественные методы оценки, отраслевые рекомендации.

Литература

1. Российский союз промышленников и предпринимателей. Аналитический обзор корпоративных нефинансовых отчётов: 2017–2023 годы выпуска. — М.: РСПП, 2023. — 56 с.
2. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» // Собрание законодательства РФ. — 2017. — № 20. — Ст. 2901.
3. Bowen, H.R. Social Responsibilities of the Businessman / H.R. Bowen. — New York: Harper & Brothers, 1953. — 276 p.
4. Freeman, R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach / R.E. Freeman. — Boston: Pitman, 1984. — 276 p.
5. United Nations Global Compact. Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World. — Geneva: UN, 2004. — 55 p.
6. Elkington, J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business / J. Elkington. — Oxford: Capstone Publishing, 1997. — 402 p.
7. Ивашковская, И.В. Корпоративные финансы в условиях ESG-трансформации / И.В. Ивашковская // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. — 2022. — № 3. — С. 3–25.
8. Кабалина, В.И. Трансформация ESG-повестки российских компаний: новые вызовы и адаптация / В.И. Кабалина, Л.М. Чеглакова // Организационная психология. — 2023. — Т. 13. — № 2. — С. 156–178.
9. Barney, J.B. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage / J.B. Barney // Journal of Management. — 1991. — Vol. 17. — No. 1. — P. 99–120.
10. DiMaggio, P.J. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields / P.J. DiMaggio, W.W. Powell // American Sociological Review. — 1983. — Vol. 48. — No. 2. — P. 147–160.
11. Teece, D.J. Dynamic Capabilities and Strategic Management / D.J. Teece, G. Pisano, A. Shuen // Strategic Management Journal. — 1997. — Vol. 18. — No. 7. — P. 509–533.
12. Вертакова, Ю.В. Цифровая трансформация бизнеса: модели и алгоритмы / Ю.В. Вертакова, Т.О. Толстых, Е.В. Шкарупета. — М.: КноРус, 2021. — 348 с.
13. Халин, В.Г. Цифровизация и её влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски / В.Г. Халин, Г.В. Чернова // Управленческое консультирование. — 2018. — № 10. — С. 46–63.

14. Логинов, Е.Л. Искусственный интеллект в системе управления устойчивым развитием предприятий / Е.Л. Логинов, А.А. Борталевич // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. — 2022. — № 5. — С. 77–89.

15. European Commission. The Twin Green & Digital Transition: How Sustainable Digital Technologies Could Enable a Carbon-neutral EU by 2050. — Brussels: European Commission, 2022. — 28 p.

16. GRI. GRI Universal Standards 2021. — Amsterdam: Global Reporting Initiative, 2021.

17. Бобылев, С.Н. Устойчивое развитие: методология и методы измерения / С.Н. Бобылев, Н.В. Зубаревич, С.В. Соловьёва. — М.: Экономика, 2021. — 358 с.

18. Рейтинговое агентство RAEX. Методология ESG-рейтингования. — М.: RAEX, 2023. — 32 с.

19. ПАО «Сбербанк». Отчёт об устойчивом развитии за 2022 год. — М., 2023. — 186 с.

20. ПАО «СИБУР Холдинг». Отчёт об устойчивом развитии за 2022 год. — М., 2023. — 204 с.

21. ПАО «ГМК «Норильский никель». Отчёт об устойчивом развитии за 2022 год. — М., 2023. — 228 с.

Theoretical approaches to the formation of ESG management methodology in the digital economy

Kochnev S.A.
Moscow International Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article examines theoretical approaches to the formation of ESG management methodology in the digital economy. The analysis of the evolution of the sustainable development concept and its integration into management practices of enterprises is carried out. Key theoretical foundations that determine the specifics of ESG management in the context of digital transformation are identified: stakeholder approach, resource-based view, institutional theory, and the concept of dynamic capabilities. The necessity of forming an integrated methodology combining the principles of sustainable development and the capabilities of digital technologies is substantiated. A conceptual model of digital ESG management is proposed, including levels of strategic goal-setting, operational integration, digital monitoring, and stakeholder interaction. Using the examples of Russian companies (PJSC Sberbank, PJSC SIBUR Holding, PJSC Norilsk Nickel), practices of digitalization of ESG processes are illustrated. Barriers to implementation are identified and recommendations for further development of ESG management methodology in the digital environment are formulated.

Keywords: ESG management, digital economy, sustainable development, digital transformation, stakeholder approach, management methodology, corporate social responsibility, ESG rating.

References

1. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs. Analytical Review of Corporate Non-Financial Reports: 2017–2023 Issues. Moscow: RSPP, 2023. 56 p.
2. Decree of the President of the Russian Federation No. 203 of May 9, 2017 “On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030” // Collected Legislation of the Russian Federation. 2017. No. 20. Art. 2901.
3. Bowen, H.R. Social Responsibilities of the Businessman. New York: Harper & Brothers, 1953. 276 p.
4. Freeman, R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: Pitman, 1984. 276 p.
5. United Nations Global Compact. Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World. Geneva: UN, 2004. 55 p.
6. Elkington, J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone Publishing, 1997. 402 p.
7. Ivashkovskaya, I.V. Corporate Finance in the Context of ESG Transformation // Moscow University Economics Bulletin. 2022. No. 3. P. 3–25.
8. Kabalina, V.I., Cheglakova, L.M. Transformation of the ESG Agenda of Russian Companies: New Challenges and Adaptation // Organizational Psychology. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 156–178.
9. Barney, J.B. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage // Journal of Management. 1991. Vol. 17. No. 1. P. 99–120.
10. DiMaggio, P.J., Powell, W.W. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields // American Sociological Review. 1983. Vol. 48. No. 2. P. 147–160.
11. Teece, D.J., Pisano, G., Shuen, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management // Strategic Management Journal. 1997. Vol. 18. No. 7. P. 509–533.
12. Vertakova, Yu.V., Tolstykh, T.O., Shkarupeta, E.V. Digital Transformation of Business: Models and Algorithms. Moscow: KnoRus, 2021. 348 p.
13. Khalin, V.G., Chernova, G.V. Digitalization and Its Impact on the Russian Economy and Society: Advantages, Challenges, Threats and Risks // Administrative Consulting. 2018. No. 10. P. 46–63.
14. Loginov, E.L., Bortalevich, A.A. Artificial Intelligence in the Sustainable Development Management System of Enterprises // Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics. 2022. No. 5. P. 77–89.
15. European Commission. The Twin Green & Digital Transition: How Sustainable Digital Technologies Could Enable a Carbon-neutral EU by 2050. Brussels: European Commission, 2022. 28 p.
16. GRI. GRI Universal Standards 2021. Amsterdam: Global Reporting Initiative, 2021.
17. Bobylev, S.N., Zubarevich, N.V., Solovieva, S.V. Sustainable Development: Methodology and Measurement Methods. Moscow: Ekonomika, 2021. 358 p.
18. RAEX Rating Agency. ESG Rating Methodology. Moscow: RAEX, 2023. 32 p.
19. Sberbank. Sustainability Report for 2022. Moscow, 2023. 186 p.
20. SIBUR Holding. Sustainability Report for 2022. Moscow, 2023. 204 p.
21. Norilsk Nickel. Sustainability Report for 2022. Moscow, 2023. 228 p.

Управление человеческими ресурсами в зеленом туризме

Соломина Ирина Юрьевна
кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры туризма и гостиничного дела, Российский новый университет, Siu@bk.ru,

Немчинова Елена Евгеньевна
доцент Высшей школы дизайна, Российский государственный университет туризма и сервиса, nemchinova.yelena@internet.ru,

Лебедев Константин Анатольевич
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры управления, Российский государственный гуманитарный университет; профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, k.lebedev@rgau-msha.ru

В статье рассматривается специфика управления человеческими ресурсами в секторе зелёного туризма, т.е. динамично развивающегося направления, сочетающего экономические цели с экологическими и социальными обязательствами. Акцент сделан на трансформации кадровой политики под влиянием принципов устойчивого развития: от подбора персонала до системы мотивации и профессионального роста. Проанализированы ключевые компетенции сотрудников в сфере экотуризма, включая экологическую грамотность, навыки межкультурного взаимодействия и способность внедрять инновационные решения. Выявлены основные вызовы для HR-служб, включающие дефицит специалистов с междисциплинарной подготовкой, необходимость постоянного обучения, высокую сезонность занятости и специфику работы в природных резерватах. Предложены подходы к формированию корпоративной культуры, ориентированной на ценности устойчивого развития, а также механизмы адаптации традиционных HR-инструментов к требованиям экотуризма. Исследование опирается на анализ практик организаций зеленого туризма, данные отраслевых отчётов и результаты экспертных интервью. Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по оптимизации кадровой стратегии для организаций зелёного туризма, что способствует повышению их конкурентоспособности и снижению антропогенной нагрузки на экосистемы.

Ключевые слова: зелёный туризм, управление человеческими ресурсами, устойчивое развитие, экологическая грамотность, корпоративная культура, компетенции персонала, обучение кадров, сезонность занятости, экотуризм, кадровая стратегия.

Введение

В условиях нарастающего внимания к принципам устойчивого развития туристская отрасль претерпевает существенные трансформации, среди которых особое место занимает зелёный туризм. Данное направление, балансирующее между экономической эффективностью и сохранением природных и культурных ценностей, предъявляет специфические требования к управлению человеческими ресурсами.

При этом необходимость гармонизации бизнес-целей с экологическими обязательствами заставляет компании пересматривать традиционные подходы к подбору, обучению и мотивации персонала.

Кроме того, рост спроса на экотуристские продукты, демонстрирующий ежегодное увеличение на 5-7 %, создаёт острую потребность в кадрах, способных реализовывать проекты с минимальным антропогенным воздействием.

В то же время специфика работы в особо охраняемых природных территориях требует от сотрудников не только профессиональных навыков в сфере гостеприимства, но и экологической грамотности, умения взаимодействовать с местными сообществами, а также готовности к сезонным колебаниям занятости.

Анализ научной литературы позволяет выделить ключевые направления исследований в данной области. Г.С. Арзамасова и И.А. Эсаулова обосновывают концепцию Green Human Resource Management (GHRM), подчёркивая необходимость встраивания экологических ценностей во все HR-процессы - от рекрутинга до оценки эффективности [1]. Их подход акцентирует внимание на том, что кадровая политика в экотуризме не может ограничиваться формальными процедурами, так как должна формировать у сотрудников осознанное отношение к окружающей среде. Авторы отмечают, что внедрение GHRM требует пересмотра корпоративных стандартов, включая кодекс поведения, систему мотивации и критерии продвижения по службе.

С.М. Имяреков и др. дополняют данную позицию, отмечая, что развитие зелёного туризма невозможно без культивирования «экологического сознания» как элемента корпоративной культуры [2]. По их мнению, персонал, разделяющий ценности устойчивого развития, становится драйвером инноваций и повышает доверие клиентов к экотуристским брендам. Исследователи подчёркивают, что формирование данной культуры начинается с лидерства, т.е. руководители компаний должны демонстрировать приверженность экологическим принципам в повседневной деятельности, чтобы это стало нормой для всего коллектива.

А.П. Ковальчук и К.А. Милорадов фокусируются на практической стороне вопроса, исследуя внедрение «зелёных» технологий в гостиничном сервисе [3]. Они подчёркивают, что успех данных инициатив напрямую зависит от вовлечённости персонала, т.е. без обучения и мотивации сотрудники не смогут эффективно применять энергосберегающие системы или управлять отходами. Авторы приводят примеры, когда отсутствие должной подготовки приводило к формальному соблюдению экологических стандартов - например, сотрудники включали энергосберегающие режимы оборудования лишь при проверках, а в остальное время использовали ресурсы без ограничений.

Н.А. Козлова, анализируя предпринимательские основы зелёного туризма, выявляет проблему дефицита кадров с междисциплинарными компетенциями [4]. По её данным, большинство специалистов в сфере гостеприимства не обладают достаточными знаниями в области экологии, а экологи - навыками организации туристских услуг. Это создаёт разрыв между стратегическими целями компаний и реальными возможностями персонала. Автор предлагает создавать совместные образовательные программы, объединяющие профильные вузы и туристские компании, чтобы готовить специалистов, владеющих обеими компетенциями.

Е.В. Королева и др. обращают внимание на маркетинговую составляющую работы сотрудников экотуристских предприятий [5]. При этом умение презентовать «зелёные» продукты, подчёркивая их социальную и экологическую ценность, становится конкурентным преимуществом. Кроме того, клиенты всё чаще выбирают маршруты и отели, соответствующие принципам устойчивого развития, поэтому персонал должен грамотно транслировать данные преимущества. Авторы отмечают, что успешные компании инвестируют в тренинги по экологическому маркетингу, обучая гидов и менеджеров не только фактам о природе, но и навыкам убеждения, позволяющим донести до туристов важность бережного отношения к экосистемам.

Другие авторы, изучая региональный рынок туристских услуг, отмечают важность учёта локальных особенностей при формировании кадровой стратегии [6]. При этом традиции местных сообществ, специфика природных объектов и потребности туристов варьируются от региона к региону, что требует гибкого подхода к обучению и распределению обязанностей. Например, в национальных парках Сибири акцент делается на навыках выживания в экстремальных условиях, тогда как в курортных зонах Краснодарского края важнее знание иностранных языков и культурных особенностей международных гостей.

Цель настоящего исследования заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию системы управления человеческими ресурсами в организациях зелёного туризма с учётом принципов устойчивого развития и отраслевой специфики. Для её достижения были проанализированы данные Росстата и региональных органов управления туризмом, отчёты организаций, специализирующихся на экотуризме, а также результаты анкетирования сотрудников отрасли.

Методология включала сравнительный анализ практик управления человеческими ресурсами, контент-анализ корпоративных документов, статистическую обработку данных с применением корреляционного и регрессионного анализа, а также кейс-стади успешных HR-проектов. Особое внимание уделялось качественным методам, таким как глубинные интервью, которые позволили выявить скрытые барьеры внедрения экологических стандартов и определить мотивационные факторы для персонала.

Основная часть

Проведённое исследование выявило ряд системных проблем в управлении человеческими ресурсами в секторе зелёного туризма. Прежде всего, отмечается дефицит специалистов с профильным образованием, т.е. лишь 35 % опрошенных компаний располагают штатом, где сотрудники имеют подготовку в сфере экотуризма или устойчивого развития.

Остальные организации вынуждены компенсировать данный пробел за счёт внутреннего обучения, что увеличивает временные и финансовые затраты. При этом сезонность занятости усугубляет ситуацию, т.е. до 60 % работников в экотуристских проектах заняты временно, что снижает лояльность и затрудняет передачу знаний между поколениями сотрудников. Это особенно критично для заповедников и национальных парков, где опыт гидов напрямую влияет на безопасность туристов и сохранность экосистем.

Кроме того, анализ компетенций выявил существенный разрыв между требованиями отрасли и реальными навыками персонала. 42 % респондентов указали на нехватку экологической грамотности у новых сотрудников, особенно в вопросах обращения с отходами и энергосбережения. При этом лишь 26 % организаций включают показатели устойчивого развития в систему KPI, что снижает мотивацию к внедрению «зелёных» практик.

В результате экологические инициативы часто остаются декларативными, не превращаясь в часть повседневной работы [7, 9, 16]. Например, сотрудники могут игнорировать правила сортировки мусора, если это не влияет на их премию или карьерный рост.

На основе полученных данных были сформулированы рекомендации по оптимизации HR-процессов. При этом адаптация системы подбора персонала должна предусматривать оценку экологической осознанности уже на этапе собеседования - например, через кейсовые задания, моделирующие реальные ситуации в природных резерватах. Также кандидатам можно предложить решить задачу по минимизации воздействия туристской группы на хрупкую экосистему или разработать маршрут с учётом требований заповедного режима.

Кроме того, непрерывное обучение предлагается организовать в формате модульных программ, охватывающих ключевые темы, такие как экологическая безопасность, межкультурная коммуникация и использование «зелёных» технологий [8, 11, 14].

Для гидов важно освоить навыки первой помощи в полевых условиях и методы предотвращения конфликтов с дикими животными, а для администраторов - принципы энергосберегающего управления зданиями. Мотивационный блок может включать бонусы за инициативы по снижению экологического следа - например, за экономию ресурсов или разработку экомаршрутов. В ряде организаций уже практикуется система «зелёных баллов», которые сотрудники накапливают за экологичные действия и обменивают на дополнительные дни отпуска или обучение.

В то же время формирование корпоративной культуры устойчивого развития требует регулярных тренингов и вовлечения сотрудников в принятие решений, например, через создание рабочих групп по экологизации процессов [10, 12, 13, 15]. Данные группы могут анализировать потребление воды и энергии в организациях зеленого туризма, предлагать способы сокращения отходов или разрабатывать образовательные программы для туристов.

Для сглаживания сезонных колебаний занятости целесообразно развивать программы наставничества и создавать базы внештатных гидов. При этом опытные сотрудники, остающиеся в организациях зеленого туризма на постоянной основе, могут передавать знания временным работникам, обеспечивая преемственность стандартов.

Практическое внедрение данных мер на пилотных площадках показало положительные результаты. При этом удовлетворённость персонала выросла на 21 %, а текучесть кадров снизилась на 14 % за год. В то же время организации, внедрившие экологические KPI, зафиксировали сокращение энергопотребления на 10–12 %, что подтверждает взаимосвязь между HR-политикой и операционной эффективностью.

Выводы

Указанные данные свидетельствуют, что экологическая компетентность персонала - не второстепенный, а стратегический фактор успеха отрасли, а без формирования у сотрудников ценностей устойчивого развития даже самые прогрессивные технологии остаются инструментом с неполным потенциалом в рамках зеленого туризма.

Перспективным направлением дальнейших исследований может стать изучение влияния цифровизации на HR-процессы в экотуризме. Например, использование VR-технологий для обучения гидов позволяет отрабатывать сценарии взаимодействия с туристами в виртуальных природных резерватах, минимизируя нагрузку на реальные экосистемы.

Платформы для удалённого взаимодействия сезонных работников могут повысить гибкость занятости без потери качества сервиса, а внедрение чат-ботов для адаптации новых сотрудников ускорит процесс погружения в корпоративные стандарты устойчивого развития. Кроме того, анализ больших данных о поведении персонала поможет прогнозировать кадровые потребности в пиковые сезоны и оптимизировать графики обучения.

Внедрение предложенных рекомендаций не только усилит конкурентоспособность организаций зелёного туризма, но и поспособствует достижению глобальных целей устойчивого развития, где человеческий капитал выступает ключевым ресурсом трансформации отрасли. При этом систематическая работа с персоналом, ориентированная на экологическую ответственность, позволит создать модель туризма, которая будет одновременно экономически выгодной, социально справедливой и экологически безопасной.

Литература

1. Арзамасова, Г.С. Green human resource management - концепция управления человеческими ресурсами экологически ответственного бизнеса [Текст] / Г.С. Арзамасова, И.А. Эсаулова // Вестник НГУЭУ. - 2020. - № 2. - С. 42–53.

2. Имяреков, С.М. Перспективы развития зелёного туризма в современных условиях [Текст] / С.М. Имяреков, Л.А. Пониматкина, О.Е. Лебедева // Вестник Алтайской академии экономики и права. - 2021. - № 9-1. - С. 64–68.

3. Ковальчук, А.П. Анализ проектов внедрения «зелёных» технологий в сфере гостеприимства и туризма [Текст] / А.П. Ковальчук, К.А. Милорадов // Вопросы инновационной экономики. - 2020. - Т. 10. - № 2. - С. 1041–1048.

4. Козлова, Н.А. Предпринимательские основы развития зелёного туризма [Текст] / Н.А. Козлова // Тенденции развития науки и образования. - 2022. - № 92-5. - С. 104–106.

5. Королева, Е.В. Совершенствование управления рекламной деятельностью туристских предприятий [Текст] / Е.В. Королева, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. - 2017. - № 12-4 (89). - С. 678–681.

6. Лебедев, К.А. Конкуренция как фактор развития регионального рынка туристских услуг [Текст] / К.А. Лебедев // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы. - 2016. - Т. 9. - № 2. - С. 52–56.

7. Лебедев, К.А. Совершенствование территориальной организации рекреационных комплексов [Текст] / К.А. Лебедев // Экономические и гуманитарные науки. - 2015. - № 5 (280). - С. 90–97.

8. Лебедева, О.Е. Реализация культурно-образовательной деятельности в туризме [Текст] / О.Е. Лебедева, К.А. Лебедев, Н.А. Луканова // Сервис в России и за рубежом. - 2016. - Т. 10. - № 4 (65). - С. 71–82.

9. Лебедева, О.Е. Развитие рекламной деятельности на рынке туристических услуг [Текст] / О.Е. Лебедева // Культура народов Причерноморья. - 2014. - № 278. - С. 100–103.

10. Лебедева, О.Е. Социальные аспекты развития инфраструктуры туризма [Текст] / О.Е. Лебедева // Культура народов Причерноморья. - 2014. - № 277. - С. 35–37.

11. Любименко, А.И. Зелёные технологии в маркетинге туризма и в логистическом сервисе [Текст] / А.И. Любименко, Е.А. Фурсова, И.Ф. Андресян // Экономические науки. - 2024. - № 232. - С. 461–466.

12. Морозов, М.А. Экологический менеджмент как драйвер обеспечения качества гостиничных услуг [Текст] / М.А. Морозов // Стандарты и качество. - 2020. - № 9. - С. 106–107.

13. Мухаммедов, М.М. Развитие зелёного туризма в условиях инновационной экономики [Текст] / М.М. Мухаммедов, С.А. Исхакова, С.Ш.У. Турабеков // Актуальные проблемы экономики и управления. - 2025. - № 2 (46). - С. 101–104.

14. Силка, Д.Н. Совершенствование системы ценообразования в строительстве [Текст] / Д.Н. Силка, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. - 2016. - № 4-2 (69). - С. 431–436.

15. Соломина, И.Ю. Оценка возможностей этнокультурного тура «Святыни земли Карельской» методом SWOT-анализа [Текст] / И.Ю. Соломина, М.С. Филатова // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. - 2021. - Т. 7. - № 2. - С. 24–34.

16. Чернявская, С.А. Современная практика управления человеческими ресурсами в индустрии гостеприимства [Текст] / С.А. Чернявская // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. - 2023. - № 3. - С. 109–111.

Human resource management in green tourism

Solomina I.Yu., Nemchinova E.E., Lebedev K.A.

Russian New University, Russian State University of Tourism and Service, Russian State Humanitarian University, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article examines the specifics of human resource management in the green tourism sector - a dynamically developing area that combines economic goals with environmental and social commitments. The focus is on the transformation of personnel policy under the influence of sustainable development principles: from staff recruitment to motivation systems and professional growth. Key competencies of employees in the field of ecotourism are analysed, including environmental literacy, intercultural communication skills, and the ability to implement innovative solutions. The main challenges for HR departments are identified, including a shortage of specialists with interdisciplinary training, the need for continuous learning, high seasonality of employment, and the specific nature of work in natural reserves. Approaches to building a corporate culture oriented towards the values of sustainable development are proposed, as well as mechanisms for adapting traditional HR tools to the requirements of ecotourism. The study is based on an analysis of practices of green tourism organisations, data from industry reports, and the results of expert interviews. The practical significance of the work lies in developing recommendations for optimising human resource strategy for green tourism organisations, which contributes to increasing their competitiveness and reducing the anthropogenic impact on ecosystems.

Keywords: green tourism, human resource management, sustainable development, environmental literacy, corporate culture, staff competencies, personnel training, seasonality of employment, ecotourism, HR strategy.

References

1. Arzamasova, G.S. Green human resource management - the concept of human resource management in environmentally responsible business [Text] / G.S. Arzamasova, I.A. Esaulova // Bulletin of NSUEM. - 2020. - No. 2. - P. 42–53.
2. Imyarekov, S.M. Prospects for the development of green tourism in modern conditions [Text] / S.M. Imyarekov, L.A. Ponimatkina, O.E. Lebedeva // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. - 2021. - No. 9-1. - P. 64–68.
3. Kovalchuk, A.P. Analysis of projects for the implementation of "green" technologies in hospitality and tourism [Text] / A.P. Kovalchuk, K.A. Miloradov // Issues of Innovative Economics. - 2020. - Vol. 10. - No. 2. - P. 1041–1048.
4. Kozlova, N.A. Entrepreneurial foundations for the development of green tourism [Text] / N.A. Kozlova // Trends in the Development of Science and Education. - 2022. - No. 92-5. - P. 104–106.
5. Koroleva, E.V. Improving the management of advertising activities of tourism enterprises [Text] / E.V. Koroleva, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. - 2017. - No. 12-4 (89). - P. 678–681.
6. Lebedev, K.A. Competition as a factor in the development of the regional tourism services market [Text] / K.A. Lebedev // Tourism Industry: Opportunities, Priorities, Problems and Prospects. - 2016. - Vol. 9. - No. 2. - P. 52–56.
7. Lebedev, K.A. Improving the territorial organization of recreational complexes [Text] / K.A. Lebedev // Economic and Humanitarian Sciences. - 2015. - No. 5 (280). - P. 90–97.
8. Lebedeva, O.E. Implementation of cultural and educational activities in tourism [Text] / O.E. Lebedeva, K.A. Lebedev, N.A. Lukanova // Service in Russia and Abroad. - 2016. - Vol. 10. - No. 4 (65). - P. 71–82.
9. Lebedeva, O.E. Development of advertising activities in the tourism services market [Text] / O.E. Lebedeva // Culture of the Peoples of the Black Sea Region. - 2014. - No. 278. - P. 100–103.
10. Lebedeva, O.E. Social aspects of tourism infrastructure development [Text] / O.E. Lebedeva // Culture of the Peoples of the Black Sea Region. - 2014. - No. 277. - P. 35–37.
11. Lyubimenko, A.I. Green technologies in tourism marketing and logistics services [Text] / A.I. Lyubimenko, E.A. Fursova, I.F. Andresyan // Economic Sciences. - 2024. - No. 232. - P. 461–466.
12. Morozov, M.A. Environmental management as a driver for ensuring the quality of hotel services [Text] / M.A. Morozov // Standards and Quality. - 2020. - No. 9. - P. 106–107.
13. Mukhammedov, M.M. Development of green tourism in the context of an innovative economy [Text] / M.M. Mukhammedov, S.A. Iskhakova, S.Sh.U. Turabekov // Actual Problems of Economics and Management. - 2025. - No. 2 (46). - P. 101–104.
14. Silka, D.N. Improving the pricing system in construction [Text] / D.N. Silka, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. - 2016. - No. 4-2 (69). - P. 431–436.
15. Solomina, I.Yu. Assessment of opportunities for the ethnocultural tour "Shrines of the Karelian Land" using the SWOT analysis method [Text] / I.Yu. Solomina, M.S. Filatova // Research Result. Business and Service Technologies. - 2021. - Vol. 7. - No. 2. - P. 24–34.
16. Chernyavskaya, S.A. Modern practice of human resource management in the hospitality industry [Text] / S.A. Chernyavskaya // Humanities, Socio-Economic and Social Sciences. - 2023. - No. 3. - P. 109–111.

Реляционная концепция управления межорганизационными отношениями на основе инновационных способностей

Лебедева Дарья Владимировна
кандидат экономических наук, доцент кафедры прикладной экономики Высшей школы управления, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, lena_leb-61@mail.ru

В современных условиях функционирования конкурентоспособность экономического субъекта, способность сохранения занимаемых позиций, дальнейшего развития и реализации инновационной деятельности определяется не только внутренними ресурсами, но и эффективностью построения долгосрочных партнерских связей. В статье рассмотрены различные подходы к реализации межорганизационных отношений, выявлены принципы управления ими и представлен авторский алгоритм принятия решений о реализации межорганизационных отношений для осуществления инновационной деятельности. Предложенная концепция управления межорганизационными отношениями направленная на принятие управленческого решения на основе научно-методическую подхода о вступление и/или не вступления в межорганизационные отношения с экономическим субъектом на основе ресурсного, ценностного и функциональных подходов и с учетом его инновационных способностей и оценки потенциала их дальнейшего взаимодействия.

Ключевые слова: межорганизационные отношения, инновационные способности, реляционные перспективы, ресурсный, ценностный и функциональный подход.

В современных условиях функционирования: ускорение технологических изменений, обострение конкурентной борьбы, увеличение сложности динамики рынка экономическим субъектам необходимы межорганизационные отношения для обеспечения выживаемости, сохранения и расширения занимаемых позиций. Иными словами, реляционные структуры в экономике увеличивают взаимозависимость экономических субъектов, меняют характер организационных границ и виды межорганизационных отношений для получения доступа к ресурсам, ускорения инновационных циклов, получения экономии за счет масштаба, диверсификации рисков и тд.

Тем не менее в научной среде вопрос эффективности межорганизационных отношений для реализации инновационной деятельности является дискуссионным. Безусловно, на современном этапе изучения управления инновациями преобладает парагрaдигма открытых инноваций, утверждающая, что экономические субъекты должны взаимодействовать для получения доступа к ресурсам, технологиями и тд. и реализации инновационной деятельности [1],[5], основанная на том, что для инноваций экономическим субъектам необходимы внешние экономические субъекты для создания новой, совместной ценности.

Реляционная теория, предложенная Джеффри Х. Дайер и Харбир Сингх [10] обосновывает причину, по которой межорганизационные отношения могут выступать конкурентным преимуществом.

Тем не менее существует значительная часть теоретических и практических исследований утверждающих, что экономические субъекты в определенных условиях должны развивать инновационную деятельность изолировано.

Теория инноваций Йозефа Шумпетера [6], [7] рассматривает инновации как эндогенный процесс, управление которым осуществляет организация. Й. Шумпетер писал о том, что инновации – это продукт организации, которые способны нарушить рыночное равновесие благодаря использованию новых комбинаций ресурсов, технологий и организационных форм. А также акцентировал внимание, что большие олигополистические корпорации способны генерировать, развивать и коммерциализировать инновации изолировано. Клаузен Т.Х. в своем исследование нашел подтверждение гипотезы Йозефа Шумпетера в контексте закрытых инноваций [2].

Экономика трансакционных издержек, основанная на работе Р. Коуза [3] и формализованная О. Уильямсоном [8], [9], обосновывает реализацию инновационной деятельности внутри организации тем, что НИОКР и знания достаточно специфичны и зачастую представляют ценность только в рамках технологической траектории и стратегического развития определенной организации, а также внутри экономического субъекта проще проводить анализ деятельности, преодолевать возникающие препятствия и минимизировать транзакционные издержки, возникающие на основе задержек, неполноты контрактов и оппортунистического поведения, подчеркивая важность согласования структур управления с мероприятиями, проводимыми экономическим субъектом;

Исследование Лаурсена К. и Солтера А. [4] «Парадокс открытости: Присвояемость, внешний поиск и сотрудничество» показывает, что межорганизационные отношения увеличивают риск в области прав на интеллектуальную собственность, а также на основе анализа большого массива данных авторы пришли к выводу, что связь между эффективностью инновационной деятельности и реализацией межорганизационных отношений не линейна: чрезмерная открытость экономического субъекта в реализации межорганизационных отношений приводит к снижению или даже к отрицательной отдаче так как проблемы, возникающие при распространении знаний более значительны, чем преимущества от доступа к ним.

Тем не менее, ни один из вышеперечисленных авторов не выступает за абсолютную изоляцию межорганизационных отношений для развития инновационной деятельности. Они определяют конкретные условия: присваемость результатов, специфичность ресурсов и технологий, слабые институциональные рамки для реализации межорганизационных отношений или ограниченный организационный потенциал для управления ими.

Актуальность исследования обуславливается значимостью развития инструментария по управлению межорганизационными отношениями для реализации инновационной деятельности, сохранения позиций эко-

номического субъекта в текущих условиях функционирования и приращения конкурентных преимуществ, а также для инновационного развития субъектов на микро-, мезо- и макроуровнях.

Целью исследования является обоснование концепции управления межорганизационными отношениями при реализации инновационной деятельности и разработка на ее основе элементов методологии.

Реляционная концепция межорганизационных отношений инновационно-активных субъектов заключается в том, что процесс поиска партнеров и организации взаимодействия с ними должен осуществляться на основе должного внимания к изучению совместного инновационного потенциала, формируемого в результате связи между участниками исходя из ресурсного, функционального и ценностного подходов.

Методологии должна решать различные управленческие задачи: выбора вида межорганизационных отношений; вступление в межорганизационные отношений и их прерывания, или продолжения. Иными словами, цель концепции – научное обоснование процесса принятия управленческого решения экономическим субъектов о его вхождение в межорганизационные отношения и их долгосрочной и результативной последующей реализации на основе оценки инновационных способностей и потенциала их дальнейшего совместного использования. Следовательно, концепция формируется на основе многоуровнего подхода к содержательному пониманию инновационных способностей экономических субъектов, включающего анализ ресурсного обеспечения, ведение управленческой деятельности и ценностно-ориентированное управление.

Названная выше цель научного обоснования принятия решения о построении межорганизационных отношений между инновационно-активными субъектами, потребовала решения следующих задач:

-обосновать необходимость интеграции ресурсного, функционального и ценностных подходов при выборе участника межорганизационных отношений и построения взаимодействия;

- сформулировать принципы реализации межорганизационных отношений для осуществления инновационной деятельности;

- составить алгоритм процесса построения и реализации межорганизационных отношений;

Практическая значимость заключается в возможности стратегического и оперативного управления межорганизационными отношениями экономического субъекта для реализации инновационной деятельности. Межорганизационные отношения могу оказывать широкий спектр положительных эффектов, например: уменьшение издержек, диверсификация рисков, повышение инновационной активности, развитие и укрепление деловой репутации и корпоративной культуры.

В этом контексте инновационные способности являются важным **объектом для рекомбинации**, реализации новой деятельности, технологий и процессов, так как ресурсы представляют собой материальные и нематериальные активы, позволяющие реализовывать инновационную деятельность, мотивация характеризует стратегические намерения, ориентацию и стимулы к сотрудничеству с экономическими субъектами, а возможности проявляются институциональными и рыночными условиями и реляционными перспективами, которые позволяют экономическим субъектам осуществлять межорганизационное взаимодействие. Следовательно, инновационные способности участников межорганизационных отношений можно представить триадической моделью.

Рис. 1 - Триадическая модель инновационных способностей участников межорганизационных отношений

Данная триадическая модель подчеркивает динамический характер инновационных способностей и их зависимость от внешних и внутренних факторов.

Также важно понимать, что взаимосвязь между инновационными способностями организации и управлением межорганизационными отношениями двухаспектна. Во-первых, чем больше инновационные способности организации, тем выше ее привлекательность для потенциальных участников отношений. Данные экономические субъекты могут быть более избирательны и способны получить более выгодные условия для сотрудничества. Во-вторых, участие в межорганизационных отношениях способно повысить инновационные способности благодаря доступу к ресурсной базе, интеграции компетенций, преодоления институциональных барьеров, мотивационных эффектов от взаимодействия и тд.

Следовательно экономические субъекты, обладающие более сильными инновационными способностями, зачастую занимают позиции оркестраторов, брокеров или хабов, в то время как организации со «слабыми» инновационными способностями участвуют в межорганизационных отношениях для наращивания потенциала, получения поддержки и/или адаптивного выживания.

Для реализации межорганизационных отношений, направленных на реализацию инновационной деятельности, считается необходимым определить совокупность принципов управления межорганизационными отношениями:

Принцип целостности – означающий относительную независимость экономических субъектов и в то же время их зависимость от межорганизационных отношений и занимаемого места в них (в зависимости от вида межорганизационных отношениях данный принцип может усиливаться или ослабевать),

Принцип структурности – принцип, описывающий требования к упорядоченности структуры и взаимосвязи ее элементов, что играет значимую роль в реализации инновационной деятельности в условиях высокой неопределенности и риска.

Принцип целенаправленности – основывающийся на анализе целей и функций и ориентированный на достижение конкретных целей при реализации инновационной деятельности.

Принцип динамичности- постоянное развитие и\ или совершенствование, открытости и готовности к взаимодействию с экономическими субъектами для осуществления совместной деятельности и повышения потенциала.

Принцип адаптивности – гибкость экономических субъектов при изменении условий функционирования к требованиям среды.

Принцип синергии - усиление результатов на основе согласованного взаимодействия инновационно-активных участников межорганизационных отношений.

Принцип сбалансированности - поддержание баланса между интересами, ресурсами и процессами экономических субъектов, входящих в межорганизационные отношения при реализации инновационной деятельности.

Принцип эмерджентности – появление новые качеств и свойств в результате взаимодействия инновационно-активных экономических субъектов.

Принцип диверсификации – распределение издержек, рисков и результатов от реализации инновационной деятельности в условиях высокого уровня неопределенности.

Принцип согласованности – реализация инновационной деятельности является длительным процессов и требует ресурсоемкости, поэтому цели и ожидания участников межорганизационных отношений должны быть согласованы для сохранения отношений.

Принцип ориентации на результат и коммерциализации ориентированный не только на совместную инновационную деятельность, но и на создание и внедрение инноваций.

Применение вышеперечисленных принципов целесообразно для всех субъектов, реализующих и развивающих инновационную деятельность, и позволяет способствовать обеспечению их взаимодействию функционированию во внешней среде.

Управление межорганизационными отношениями на основе инновационных способностей стоится на основе трех подходов: ресурсный, функциональный и ценностный. Каждый из данных подходов позволяет рассмотреть, как инновационные способности формируют межорганизационные отношения и обеспечивают понимание инструментария, на основе которого возможно осуществить выбор экономического субъекта и реализовать управление взаимодействием для реализации инновационной деятельности.

Рассмотрим выбранные подходы более подробно:

Ресурсный подход к управлению межорганизационными отношениями

Ресурсный подход заключается в оценке ресурсной базы и соотношения потребности в ресурсах для осуществления инновационной деятельности. Он заключается не только в инвентаризации ресурсов, но и подразумевает поиск потенциальных межорганизационных отношений для расширения и взаимодополняемости ресурсной базы, что дает возможность усилить инновационный потенциал всех участников межорганизационных отношений. Для достижения синергии необходимо не только наличие различных видов ресурсов, но и организация процессов

интеграции ресурсов. Обеспечение данной интеграции для пользования совместной ресурсной базой должно включать в себя инструментарий по координации использования ресурсов. Исходя из неоднородности ресурсной базы экономических субъектов отношения, согласно данному подходу, могут формироваться по трем типам:

дополняющий – экономические субъекты делятся ресурсами, которыми не обладает иные участники отношений;

синергетический – объединение ресурсов, позволяет получить результат, превышающий от осуществления деятельности в одиночку;

взаимозависимый – никто из экономических субъектов не может достичь поставленных целей в одиночку.

Эффективное управление межорганизационными отношениями на основе ресурсного подхода подразумевает систематический анализ среды функционирования для поиска выгодных отношений. Тем не менее, ресурсный подход несет в себе риски возникновения оппортунистического поведения и проблемы пригодности, которые могут быть устранимы разработкой инструментария, направленного на защиту собственной ресурсной базы и обеспечения ее открытости для участников отношений. Данные проблемы могут быть устранены или минимизированы благодаря заключению договоров, определяющих и разграничивающих права собственности на ресурсы или внесению их в программное обеспечение (отцифровка) и создание цифровых витрин для участников межорганизационных отношений.

Функциональный подход к управлению межорганизационными отношениями

Данный подход изучает межорганизационные отношения с точки зрения функций, которые необходимы для осуществления инновационной деятельности. Организации, вступившие в межорганизационные отношения, выполняют различные функции для осуществления инновационной деятельности, например, для проведение научных исследований необходимы отсутствующие бизнес-процессы (компетенции, трудовые функции). Производство требует перевода идеи в коммерческий продукт. Маркетинг и дистрибьюция «подключают» инновации к потребителям доводя до них необходимую информацию и создавая соответствующие каналы сбыта. Иными словами, инновационные способности формируют требования к управлению межорганизационными отношениями.

Межорганизационные отношения могут формироваться на основе функциональной специализации для реализации конкретных функций на основе функциональной кооперации. Тем не менее чрезмерная специализация может вызвать сложности в интеграции участников межорганизационных отношений, так как при реализации инновационной деятельности важно координировать функции между экономическими субъектами и на различных этапах реализации инноваций. При этом ресурсы должны соответствовать функциональным потребностям, в связи с тем, что различные этапы инновационной деятельности требуют различных ресурсов и их конфигурации. Поэтому при функциональном подходе важно учитывать интегративные возможности, чтобы «переход» ресурсной базы осуществлялся через функциональные границы, то есть рамки, определяющие функциональность субъекта и его характеристики (какие функции реализует субъект? Какие входные и выходные данные и ресурсы он обрабатывает?), а также его взаимодействие с внешней средой, при этом важно, чтобы функциональные области (область деятельности экономического субъекта или структурных подразделений) были совместимыми с вкладами иных экономических субъектов или структурных подразделений.

Согласно функциональному подходу, отношения между экономическими субъектами могут быть сформированы по трем типам:

дополняющий – расширение осуществляемых видов экономической деятельности;

синергетический – расширение бизнес-процессов, позволяющий не только оптимизировать существующие и новые процессы, но и повысить их результативность;

взаимозависимый – новая взаимосвязь функций позволяет производить новую продукцию и услуги, которые без функциональной взаимосвязи принципиально не могли быть созданы.

Иными слова, функциональный подход к управлению межорганизационными отношениями при реализации инновационной деятельности включает в себя различные требования к координации и имеет проблемы адаптации и применимости, что требует разработки инструментария управления.

Ценностный подход к управлению межорганизационными отношениями

Ценностный подход рассматривает процессы и результаты создания и распределение ценности. Ресурсы являются основой для создания ценности, но результат от инновационной активности, осуществляемой в межорганизационных отношениях, зависит от способности создавать ценность для потребителей, участников отношений и иных заинтересованных сторон. Ценность также создается благодаря ускорению инновационных процессов, так как межорганизационные отношения способны сокращать сроки научных исследований и опытно-конструкторских работ, обеспечивают параллельные рабочие потоки и дают возможность более быстрого выхода на рынок благодаря комбинированному распределению.

Согласно ценностному подходу, отношения между экономическими субъектами могут быть сформированы по трем типам:

дополняющий – передача ценностей участникам;

синергетический – объединение для реализации определенных целей/цели;

взаимозависимый – «вынужденное» сотрудничество для реализации деятельности, например научная конкуренция.

Ценностный подход усложняет управление, так как в отличие от межорганизационных отношений, ориентированных на минимизации затрат или повышение эффективности создание ценности от инновационной активности не всегда измеримо после завершения деятельности, напротив инновационное сотрудничество может создавать ценность, которая проявляется в течение длительного периода или приобретает непланируемые формы. В этой связи считаем необходимым проводить предварительную промежуточную оценку показателей, характеризующих динамику инновационной деятельности.

Вышеперечисленные подходы (ресурсный, функциональный и ценностный) взаимосвязаны и описывают разные аспекты межорганизационных отношений. Ресурсный подход – позволяет определить вклад экономических субъектов. Ценностный подход объясняет почему происходят межорганизационные отношения и как выгода распределяется между участниками. Функциональный подход объясняет распределение функций между участниками инновационной деятельности.

Реализация инновационной деятельности зависит от способностей экономических субъектов выстраивать межорганизационные отношения, тем не менее в научной и практической средах процесс инициирования, построения, управления отношениями зачастую рассматривается как временное и несистематичное явление. Именно поэтому считается необходимым процесс построения и реализации межорганизационных отношений формализовать и представить в виде последовательного и итеративного алгоритма принятия решений о реализации межорганизационных отношений для осуществления инновационной деятельности.

Предлагаемый алгоритм состоит из тринадцати последовательных этапов с возможностью итеративных циклов обратной связи, необходимых для адаптации к среде функционирования, при получение неудовлетворительных результатов и/или получение новой информации, и является структурированной системой принятия управленческого решения при реализации инновационной деятельности в условиях неопределенности.

Рассмотрим алгоритм процесса построения и реализации межорганизационных отношений.

Этап 1: Определение вида деятельности и оценка потребности в межорганизационных отношениях.

Описание этапа: Цель данного этапа является принятие обоснованного управленческого решения о вступление в межорганизационные отношения для реализации инновационной деятельности. На данном этапе экономическому субъекту считается необходимым провести аудит инновационного портфеля, а именно проанализировать текущие инновационные проекты выявить необходимость планируемых.

Этап 2: Самоанализ инновационных способностей

Описание этапа: Производится оценка ресурсной базы, мотивации и среды функционирования, определяется критические барьеры, препятствующие реализации инновационной деятельности.

Этап 3: Выбор вида межорганизационных отношений и поиск потенциальных участников.

Описание этапа: на основе проведенного анализа и выявления дефицитов осуществляется выбор вида межорганизационных отношений и поиск потенциальных участников для взаимоотношений.

Этап 4: Комплексная проверка потенциального парнера инновационной деятельности

Описание этапа: производится комплексная проверка экономического субъекта по следующим направлениям: финансовый анализ, юридический, коммерческий, налоговый, операционных, технологический.

Этап 5: Оценка инновационных способностей участника (ов) межорганизационных отношений (если оценка выявит необходимость стратегической переориентации, то возврат к этапу 1)

Описание этапа: Производится оценка ресурсной базы, мотивации и среды функционирования, определяются критические барьеры, препятствующие реализации инновационной деятельности.

Этап 6: Заключение соглашения о намерениях осуществления межорганизационных отношений

Описание этапа: Проводятся переговоры и проектирование отношений, а именно определяются цели и масштаб планируемой инновационной деятельности.

Этап 7: Проверка состояние ресурсной базы

Описание этапа: проводится анализ обеспеченности ресурсной базы и оценка потенциальных возможностей.

Этап 8: Согласование интересов, использование ресурсной базы и стимулов

Описание этапа: участники межорганизационных отношений определяют распределение ролей и обязанностей, потенциальный вклад каждого участника, ожидаемый уровень усилий и сроки выполнения, основания для использования ресурсной базы, защиту и владения интеллектуальной собственностью (как созданной в результате межорганизационных отношений, так и существующие), а также коммерциализацию от результатов деятельности.

Этап 9: Интеграция (если выявлено, что согласования условий или структуры недостаточны для реализации инновационной деятельности, то возврат к 8 этапу)

Описание этапа: формализация межорганизационных отношений путем заключение договоров и контрактов. Например, принятие решений о процессе управления межорганизационными отношениями: процедуры решения конфликтов, распределение дополнительных рисков и выгод.

Этап 10: Слияние организационной структуры и объединение управленческих механизмов (при необходимости)

Описание этапа: Проектирование управления, включая создание совместного управляющего органа, комитетов, команд операционного управления, назначение ответственных при необходимости. На данном этапе структура управления определяет организационную структуру межорганизационных отношений и характер инновационной деятельности. В зависимости от вида межорганизационных отношений варьируются структуру управления, при низкорискованных отношениях и краткосрочных допускается пропуск данного этапа.

Этап 11: Осуществление инновационной деятельности

Описание этапа: совместная реализация инновационной деятельности в виде набора (портфеля) инновационных проектов.

Этап 12: Оценка осуществляемой деятельности и адаптивное управление (при выявление любых недостатков возможно возвращение на предыдущие этапы)

Описание этапа: Непрерывный процесс мониторинга осуществляемой деятельности и оценка достижения плановых показателей, направленная на выявление отклонений и адаптирование к меняющимся условиям функционирования, а также управление межорганизационными отношениями при необходимости. На данном этапе экономическим субъектам важно осознавать какую ценность приносят межорганизационные отношения, эффективно ли выстроено управление, рационально ли используются ресурсы, соответствуют ли участники занимаемым ролям и требуются ли изменения к факторам внешней и внутренней среды.

Этап 13: Трансформация, обновление или прекращение отношений (при обновлении и трансформации возврат на этап 1-11).

Описание этапа: Межорганизационные отношения для реализации инновационной деятельности не являются постоянными, поэтому алгоритм принятия решений о реализации межорганизационных отношений для осуществления инновационной деятельности должен учитывать три возможных исхода: трансформацию, обновление или прекращение.

Трансформация происходит при результативности межорганизационных отношениях и принятие решения участников о продолжение отношений. Здесь возможна смена реализуемого вида межорганизационных отношений (возращение на этап 3).

Обновление сохраняет выбранный вид межорганизационных отношений, но продление отношений требует внесение изменений (возращение на этап 8).

Прекращение отношений происходит, если: цели межорганизационных отношений реализованы; участники не смогли достичь планируемых результатов; по иным обстоятельствам, не зависящим от их деятельности, что сделало отношения недееспособными.

Данный алгоритм представляет собой гибкую дорожную карту по построению инновационно-ориентированных межорганизационных отношений и позволяет оценить экономическим субъектам на каком этапе процесса построения и реализации межорганизационных отношений они находятся и какие действия необходимы для их развития.

Реляционная концепция межорганизационных отношений инновационно-активных субъектов заключается в том, что процесс поиска партнеров и организации взаимодействия с ними должен осуществляться на основе должного внимания к изучению совместного инновационного потенциала, формируемого в результате связи между участниками исходя из ресурсного, функционального и ценностного подходов.

Литература

1. Chesbrough, H.W. (2003) Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Boston: Harvard Business School Press- 227 pp.
2. Clausen, T.H. (2011) 'Examining the Schumpeter hypothesis in the context of closed and open innovation: survey evidence from Norway and Sweden', International Journal of Entrepreneurship and Small Business, 12(2), pp. 158–172.
3. Coase, R.H. (1937) 'The nature of the firm', Economica, 4(16), pp. 386–405.
4. Laursen, K. and Salter, A.J. (2006) 'Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms', Strategic Management Journal, 27(2), pp. 131–150
5. Laursen, K. and Salter, A.J. (2014) 'The paradox of openness: appropriability, external search and collaboration', Research Policy, 43(5), pp. 867–878.
6. Schumpeter, J.A. (1934) The Theory of Economic Development. Cambridge, MA: Harvard University Press- 255 pp.
7. Schumpeter, J.A. (1942) Capitalism, Socialism and Democracy. New York: Harper & Brothers-381 pp.
8. Williamson, O.E. (1975) Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications. New York: Free Press-286 pp.
9. Williamson, O.E. (1985) The Economic Institutions of Capitalism. New York: Free Press.) - 450 pp.
10. Дайер, Дж.Х. и Сингх, Х. (1998) «Реляционный взгляд: кооперативная стратегия и источники межорганизационного конкурентного преимущества», Academy of Management Review, 23(4), стр. 660–679

Relational concept of inter-organizational relationship management based on innovative abilities

Lebedeva D.V.

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

In modern operating conditions, the competitiveness of an economic entity, the ability to maintain its positions, further develop and implement innovative activities is determined not only by internal resources, but also by the effectiveness of building long-term partnerships. The article discusses various approaches to the implementation of interorganizational relations, identifies the principles of their management and presents the author's algorithm for decision-making on the implementation of interorganizational relations for innovation. The proposed concept of interorganizational relations management is aimed at making managerial decisions based on a scientific and methodological approach on entering and/or not entering into interorganizational relations with an economic entity based on resource, value and functional approaches and taking into account its innovative abilities and assessing the potential for their further interaction.

Keywords: interorganizational relations, innovative abilities, relational perspectives, resource, value and functional approach.

References

1. Chesbrough, H.W. (2003) Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Boston: Harvard Business School Press- 227 pp.
2. Clausen, T.H. (2011) 'Examining the Schumpeter hypothesis in the context of closed and open innovation: survey evidence from Norway and Sweden', International Journal of Entrepreneurship and Small Business, 12(2), pp. 158–172.
3. Coase, R.H. (1937) 'The nature of the firm', Economica, 4(16), pp. 386–405.
4. Laursen, K. and Salter, A.J. (2006) 'Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms', Strategic Management Journal, 27(2), pp. 131–150
5. Laursen, K. and Salter, A.J. (2014) 'The paradox of openness: appropriability, external search and collaboration', Research Policy, 43(5), pp. 867–878.
6. Schumpeter, J.A. (1934) The Theory of Economic Development. Cambridge, MA: Harvard University Press- 255 pp.
7. Schumpeter, J.A. (1942) Capitalism, Socialism and Democracy. New York: Harper & Brothers-381 pp.
8. Williamson, O.E. (1975) Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications. New York: Free Press-286 pp.
9. Williamson, O.E. (1985) The Economic Institutions of Capitalism. New York: Free Press.) - 450 pp.
10. Dyer, J.H. and Singh, H. (1998) "A Relational Perspective: Cooperative Strategy and sources of Interorganizational Competitive Advantage," Academy of Management Review, 23(4), pp. 660-679.

Актуальные проблемы и перспективные инструменты корпоративной социальной ответственности

Свистунов Василий Михайлович
доктор экономических наук, профессор кафедры управления персоналом, Государственный университет управления, vmsvistunov@yandex.ru,

Маслов Кирилл Петрович
аспирант, кафедра управления проектом, Государственный университет управления, kirillrus99@gmail.com

В статье рассматриваются актуальные проблемы и перспективные инструменты корпоративной социальной ответственности в условиях цифровой трансформации экономики. На основе анализа научной литературы, статистических данных и практики российских и зарубежных компаний выявлены современные проблемы развития КСО, включая формальный характер внедрения, недостаточный уровень интеграции в корпоративные стратегии и низкий уровень доверия со стороны общества. Определены возможные направления развития КСО в России, связанные с внедрением цифровых инструментов, повышением прозрачности деятельности и развитием нефинансовой отчетности современных организаций. Практическая значимость работы состоит в возможности использования отечественными предприятиями, функционирующими в различных секторах экономики, разработанных предложений при формировании и реализации корпоративных стратегий устойчивого развития.

Ключевые слова: информационная безопасность, корпоративная социальная ответственность, нефинансовая отчетность, устойчивое развитие, цифровая экономика, цифровизация.

Введение

В современных условиях социально-экономического развития России корпоративная социальная ответственность должна рассматриваться как один из ключевых факторов повышения конкурентоспособности национальной экономики и её устойчивого развития. В 2025 году стартовал национальный проект «Эффективная и конкурентная экономика», одна из задач которого – формирование новой экономической модели, в которой корпоративная социальная ответственность (далее – КСО) играет роль движущего фактора экономического роста и инновационного развития России. Реализация данной модели предъявляет повышенные требования ко всем участникам российского бизнес-сообщества, которые должны не на словах, а на деле нести **ответственность за влияние, оказываемое их деятельностью на все заинтересованные стороны: государство, общество, местные объединения,** сотрудников, акционеров, покупателей, заказчиков, поставщиков исходного сырья и оборудования, а также на окружающую среду.

Научная общественность достаточно давно проявляет серьезный интерес к проблеме социальной ответственности бизнеса. Одной из первых работ, посвящённых указанной проблеме, является публикация Г. Боуэна «Социальная ответственность бизнесмена», увидевшая свет в 1953 г. и заложившая основу современного понимания корпоративной социальной ответственности как системы обязательств бизнеса перед обществом [1, с. 619].

Категория корпоративная социальная ответственность получила широкое освещение в экономической науке и менеджменте, что подтверждается многочисленными исследованиями и концептуальными разработками ведущих отечественных и зарубежных ученых. Содержание и базовые принципы КСО, как комплексной и целенаправленной деятельности, направленной на заботу о благополучии сотрудников, реализацию благотворительных проектов, активное участие в проектах по экологии, образованию, культуре, спорту и т.д. рассмотрены и проанализированы в работах российских и зарубежных ученых: И. Барбашина, С. Братющенко, М. Корсаковой, О. Кузнецовой, М. Лучко, В. Садкова, И. Соболевой, А. Шевчук, С. Аароносна, Д. Вуда, П. Друкера, П. Родригеза, С. Уильямс, Р. Уэлфорда, М. Форстера и др. Их исследования заложили фундамент понимания КСО как комплексной системы ответственности бизнеса, интегрированной в стратегию компании и направленной на учет интересов заинтересованных сторон. В зарубежных исследованиях КСО рассматривается как совокупность экономических, правовых, общественных и этических обязательств, обеспечивающих устойчивое развитие и конкурентоспособность компаний. Отечественные авторы акцентируют внимание на роли корпоративной социальной ответственности в повышении деловой репутации и формировании устойчивого взаимодействия бизнеса и общества, отмечая при этом недостаточную интеграцию КСО в стратегическое управление российских компаний **[1; 2].**

Анализ современных взглядов на содержание корпоративной социальной ответственности свидетельствует о том, что её становление и дальнейшее развитие было определено совокупностью исторических и социально-экономических факторов. На рисунке 1 представлены ключевые факторы, в наибольшей мере повлиявшие на формирование и развитие концепции КСО.

Рис. 1. Факторы, повлиявшие на формирование концепции корпоративной социальной ответственности
Составлено на основе источника [2]

В условиях цифровой трансформации экономики и общества указанные факторы дополняются новыми вызовами, связанными с развитием IT-сектора, включая вопросы цифровой безопасности, обработки данных и социальной ответственности при активном внедрении и использовании цифровых инструментов и платформ.

Анализируя взгляды отечественных и зарубежных специалистов на содержание и цели КСО на себя обращают внимание следующие моменты. Наблюдаются различные авторские трактовки содержания термина корпоративная социальная ответственность. При этом большинство авторов (Н.В. Никишова, М.В. Вихорева, Ю.В. Соколова) трактуют КСО либо как обязанность предпринимателей выполнять установленные государством требования социально-экономического и экологического характера (узкий подход), либо как добровольный вклад в развитие социальной и духовной сферы общества, который выходит за рамки установленного законом государственного минимума и опирается на этические нормы, регулирующие взаимодействие человека с социально-экономическими институтами (широкий подход) [1; 2; 4].

Наблюдается расхождение мнений экспертов в оценке цели корпоративной социальной ответственности. Одни исследователи считают, что главная цель использования КСО в бизнесе – более эффективное решение такой насущной проблемы, как повышение конкурентоспособности и прибыльности участников рынка [1; 2; 8]. Такое понимание базируется на положении о том, что реализация бизнесом социальных проектов не только улучшает репутацию, повышает доверие потенциальных клиентов, формирует более стабильную позицию компании на рынке, но и позволяет привлечь как более обученных и опытных сотрудников, так и более надежных бизнес-партнеров.

Другая группа исследователей исходит из того, что изначально цель каждого предпринимателя и бизнесмена – трансформация мира с целью улучшения условий жизни людей [1; 7]. В соответствии с данным подходом – корпоративная социальная ответственность является второстепенной задачей бизнеса. Основная задача владельцев бизнеса состоит в естественном расширении предпринимательской активности для достижения более значимого итогового экономического результата.

По нашему мнению, говоря о цели корпоративной социальной ответственности, необходимо исходить из того, что КСО является современным инструментом устойчивого развития компании, обеспечивающим баланс между экономическими, социальными и экологическими интересами всех заинтересованных участников бизнеса, включая его владельцев.

Начиная с конца 80-х годов прошлого века стало очевидным, что финансовый успех компании все более становится зависим не только от количества и качества выпускаемых товаров и оказываемых услуг. Многое в бизнесе, в том числе и финансовые результаты, стали определяться имиджем компании, на формирование которого большое влияние оказывала и продолжает оказывать и сегодня социальная позиция руководства компании. При этом далеко не все акционеры и владельцы компаний сразу осознали необходимость трансформации условий ведения бизнеса, поскольку его основная цель – получение прибыли – а все дополнительные финансовые издержки, как правило, только уменьшают её.

Сегодня большинство собственников бизнеса уже не ставят под сомнение тот факт, что мнение о компании их собственных работников, и общества в целом благоприятно сказывается на итоговых финансовых результатах. Всё это предопределило целесообразность и необходимость развития корпоративной социальной ответственности как средства взаимовыгодного взаимодействия бизнеса и общества.

В конце XX века для продвижения концепции КСО и его индикаторов потребовались усилия не только бизнес-сообщества, но и государственных структур. Сегодня государство выступает не только регулятором, но и инициатором внедрения принципов устойчивого развития, создавая условия для интеграции КСО в стратегию компаний.

В современных условиях содержание и инструменты КСО активно трансформируется под влиянием цифровизации экономики. Усиление роли цифровых технологий, постоянно растущие объемы обрабатываемых корпоративных данных и повышение требований со стороны общества к использованию сберегающих технологий обусловливают необходимость практической реализации не только традиционных подходов к КСО, но и развитие цифровой ответственности бизнеса, как фактора повышения его прозрачности и социальной ответственности.

Высокая актуальность проблем КСО вызывает интерес к проведению анализа её перспективных инструментов, способных на практике ожидаемо принести компаниям более высокие результаты, в первую очередь, финансовые.

Методы и материалы

Материалы проведенного исследования, публикуемые в данной статье, основаны как на выполненном анализе научной литературы, нормативно-правовых документов и публикаций, посвящённых вопросам корпоративной социальной ответственности, так и на анализе особенностей КСО, которые учитывают условия и факторы, характерные для современных условий ведения бизнеса в большинстве сфер российской экономики. В аналитической работе использованы труды отечественных и зарубежных авторов в области КСО, устойчивого развития и цифровой трансформации бизнеса. В качестве эмпирической базы использованы обобщённые данные о практике реализации КСО в российских и международных компаниях, а также современные тенденции цифровизации бизнеса и общества.

Результаты и обсуждение

Корпоративная социальная ответственность претерпевает существенные структурные и содержательные изменения под влиянием, в первую очередь, многочисленных факторов внешней среды, включая активную цифровизацию социально-экономического пространства. Особая заслуга в этом принадлежит IT-компаниям, деятельность которых связана с трансформацией информационной среды общества и бизнеса.

Многие исследователи сходятся во мнении, что при внедрении КСО очень важно учитывать специфику деятельности компании и результативность реализации внутренних бизнес-процессов с точки зрения их влияния на общество и окружающую среду [1; 3; 4]. Использование такого подхода может и должно стать исходной точкой поиска возможных путей повышения социальной и экологической эффективности бизнеса, который ведет компания. Важная роль при этом принадлежит учёту интересов всех заинтересованных сторон: общества; бизнеса, сотрудников; государства и др. Только системное применение инструментов КСО способствует повышению доверия к компании и укреплению её репутации как социально ответственного участника рынка.

Несмотря на растущую значимость КСО, в российской практике её внедрение остается ограниченным и не системным. Большинство компаний по-прежнему рассматривают социальную ответственность как инструмент формирования имиджа, а не как стратегический элемент управления. По данным ВЦИОМ, только 23% российских потребителей считают, что бизнес действительно стремится приносить пользу обществу, что свидетельствует о низком уровне доверия к корпоративным инициативам в социальной сфере [5].

Согласно результатам исследования «Edelman Trust Barometer 2024», проведенного и опубликованного международной компанией в области стратегических коммуникаций «Edelman», около 68% пользователей по всему миру ожидают от технологических компаний ответственности за использование данных и прозрачности цифровых сервисов, а более 60% готовы отказаться от использования платформ, не соответствующих их ценностям [3; 4].

Несмотря на активное развитие все новых и новых инструментов, КСО остается междисциплинарной категорией, следствием чего являются различные подходы в интерпретации её содержания. Ряд исследователей (М.В. Вихорева, В.М. Ячменева, Ю.В. Соколова) отмечают, что ключевой проблемой дальнейшего развития корпоративной социальной ответственности является отсутствие единого подхода к оценке её результативности [2; 7; 8]. В научной литературе принципы оценки результативности корпоративной социальной ответственности условно подразделяются на общие и частные (таблица 1).

Таблица 1

Принципы оценки результативности корпоративной социальной ответственности

Общие принципы	Частные принципы
Объективность и адекватность	Доступность информации
Системность	Ясность и интерпретируемость
Достоверность данных	Многоэтапность оценки
Комплексность	Совместимость с международными стандартами
Сопоставимость	Информативность результатов
	Регулярность пересмотра показателей
	Прогнозный характер оценки

Составлено на основе источников [2; 7; 8]

Представленные принципы формируют основу методологического подхода к оценке результативности КСО, однако их применение не позволяет в полной мере обеспечить количественную сопоставимость итоговых результатов. Дополнительным ограничением выступает недостаток открытой и достоверной информации о социальной деятельности компаний, что снижает возможности объективной оценки и анализа их практик заинтересованными сторонами.

Процесс оценки результативности КСО включает несколько этапов: подготовку и планирование, сбор информации, выбор методики оценки и анализ полученных результатов. В условиях цифровизации экономики более эффективная реализация данных этапов требуют разработки и

адаптации использования новых цифровых инструментов оценки, способных обеспечить возможность обработки постоянно растущих объемов исходной информации при проведении оценки.

Данные, публикуемые в открытой печати, подтверждают наличие существенного разрыва между декларируемыми принципами и реальной практикой внедрения КСО отечественным бизнесом. Согласно исследованию Ассоциации менеджеров России, около 67% компаний заявляют о приверженности принципам корпоративной социальной ответственности, однако только 31% имеют формализованную стратегию внедрения и развития КСО, и лишь 18% компаний активно интегрируют эту стратегию в свои ключевые бизнес-процессы и различные виды деятельности. Значительная часть компаний (60%) вообще не уделяет должного внимания КСО, либо реализует её не системно и хаотично (25%) [6].

В соответствии с международными стандартами внедряет практики КСО только 10% российских компаний, менее 5% компаний – ориентируется исключительно на отдельные социальные инициативы и инновации (рисунок 2).

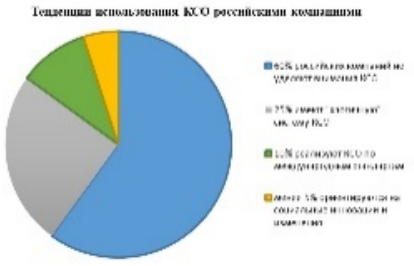


Рис. 2. Тенденции использования КСО российскими компаниями
Составлено на основе источника [6]

Представленные данные свидетельствуют о низком текущем уровне зрелости корпоративной социальной ответственности в российских компаниях. В этих условиях большую значимость приобретает разработка новых, более эффективных инструментов реализации КСО. При этом важным принципом становится их адаптированность к быстро меняющейся цифровой бизнес-среде. При этом особое внимание должно быть обращено на обеспечение защиты персональных данных всех участников, всесторонней цифровой безопасности, прозрачности применяемых алгоритмов и соблюдению этических принципов использования цифровых технологий, включая технологии искусственного интеллекта.

Положительные практики уже существуют. Так в IT-секторе КСО выходит за рамки традиционных социальных практик и дополняется элементами цифровой ответственности бизнеса. В числе специфических форм реализации корпоративной социальной ответственности среди IT-компаний следует отметить:

– обеспечение защиты персональных данных пользователей, которые «покупают» услуги компании в соответствии со специально разработанными внутренними корпоративными регламентами;

– создание необходимых условий и контроль неукоснительного соблюдения всеми участниками рыночного сегмента принципов информационной безопасности;

– развитие цифровой инклюзии и доступности IT-сервисов;

– снижение экологической нагрузки на дата-центры (green-IT);

– разработка, внедрение и реализация этических принципов использования искусственного интеллекта [7, с. 92].

Хорошей практикой развития инструментов КСО на международном уровне следует считать разработку соответствующей организационно-методической документации. К ключевым из них относятся следующие действующие международные стандарты и рекомендации (рисунок 3):

– ISO 26000:2010 «Guidance on Social Responsibility» (Руководство по социальной ответственности), разработан Международной организацией по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO);

– GRI Standards (Global Reporting Initiative Sustainability Reporting Standards) – стандарты нефинансовой отчетности, разработанные международной организацией Global Reporting Initiative (GRI);

– AA1000 Assurance Standard (AA1000AS, 2003, с последующими обновлениями), разработан Institute of Social and Ethical Accountability (AccountAbility);

– ESG (Environmental, Social, Governance) – система раскрытия нефинансовой информации и оценки устойчивого развития компаний, формируемая на основе международных инициатив и стандартов (в том числе GRI, SASB, TCFD).

Рис. 3. Организационно-методическая поддержка внедрения КСО
Составлено на основе источника [2]

Вышеперечисленные документы, разработанные преимущественно международными общественными организациями, носят рекомендательный характер и относятся к инструментам «мягкого» регулирования.

Специальные законодательные акты федерального уровня в Российской Федерации, напрямую регулирующие разработку, внедрение и практическую реализацию принципов и инструментов КСО, в настоящее время отсутствуют, что объясняется добровольной природой данных обязательств. Процесс институционализации КСО в России характеризуется постепенным развитием инструментов нефинансовой отчетности, расширением практик социальной ответственности и интеграцией КСО в корпоративные стратегии компаний. На рисунке 4 представлены основные направления институционализации КСО, соответствующие современному этапу развития экономики Российской Федерации.

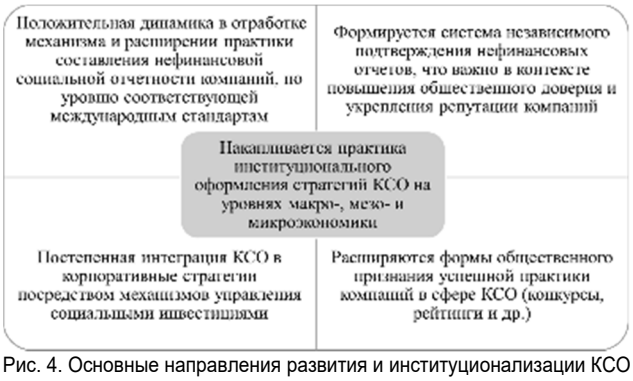


Рис. 4. Основные направления развития и институционализации КСО в России
Составлено на основе источника [2].

В условиях российской действительности можно выделить два основных подхода, определяющих практику развития КСО (рисунок 5).

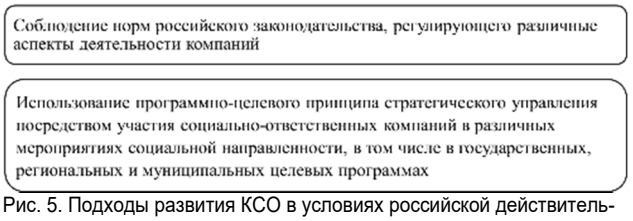


Рис. 5. Подходы развития КСО в условиях российской действительности
Составлено на основе источника [8]

Формирование отечественной модели КСО должно опираться на принципы прозрачности, экологической ответственности и социальной ориентированности с учетом особенностей российской практики.

В современных условиях корпоративная социальная ответственность становится важным элементом развития бизнеса, однако её внедрение сопровождается рядом трудностей, среди которых формальный подход, ограниченность ресурсов и недостаточная вовлеченность персонала и руководства компаний.

Для преодоления указанных барьеров необходим комплексный подход, включающий как внутренние организационные изменения, так и развитие внешних механизмов взаимодействия с заинтересованными участниками. Одной из ключевых проблем остаётся формальный характер реализации, при котором КСО рассматривается преимущественно как инструмент формирования имиджа, а не как часть стратегии компании.

В этой связи особое значение приобретает интеграция принципов КСО в корпоративную культуру и бизнес-процессы, а также развитие системы нефинансовой отчетности. КСО должна быть интегрирована в стратегию и систему управления организации, а не носить формальный характер. Повышение прозрачности деятельности, регулярное раскрытие информации о результатах социальных и экологических инициатив, а также использование независимой оценки эффективности способствуют укреплению доверия к компании и её бренду со стороны общества, государства, потенциальных инвесторов и сотрудников. При этом следует помнить о необходимости обеспечения цифровой безопасности и формировании ответственного поведения компании в цифровой среде.

Успех реализации отечественной модели КСО во многом будет зависеть от того, насколько эффективно государство, бизнес и общество смогут адаптировать и применить лучшие практики зарубежных моделей, а также масштабировать эффективные механизмы реализации КСО в российских условиях. Несомненно, большая роль в данном процессе принадлежит государству как гаранту прав и свобод человека и общества в целом. Дальнейшее развитие и совершенствование отечественной модели корпоративной социальной ответственности позволит сформировать новый взгляд на её роль – не как формальный элемент имиджа, а как стратегический инструмент устойчивого развития и повышения конкурентоспособности компаний.

Заключение

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что современная российская практика характеризуется сохранением существенного разрыв между декларируемыми принципами КСО и их фактической реализацией: при высокой заявленной приверженности лишь часть отечественных компаний интегрирует КСО в свою корпоративную стратегию и бизнес-процессы, следствием чего является низкий уровень доверия инициативам КСО со стороны сотрудников и клиентов компании, общества в целом.

Как показывает международная практика, эффективная реализация принципов и инструментов КСО становится не только фактором репутации компании на рынке. Сегодня корпоративная социальная ответственность является:

– инструментом повышения конкурентоспособности компании;

– стратегическим инструментом устойчивого развития. Данное положение особенно важно для IT-компаний, количество которых постоянно растет, как и количество цифровых сервисов, платформ и инструментов, что активно влияет на цифровую трансформацию общества.

В сложившихся условиях наиболее эффективным представляется комплексный подход к внедрению КСО, предусматривающий дальнейшую интеграцию принципов и инструментов корпоративной социальной ответственности в корпоративную стратегию, развитие цифровой ответственности (защита данных, информационная безопасность, этика применения цифровых инструментов и технологий), а также повышение прозрачности деятельности компаний через систему отчетности и вовлечения в процесс максимального широкого круга заинтересованных участников.

Литература

1. Никишова, Н. В. Понятие и сущность корпоративной социальной ответственности: социально-философский подход / Н. В. Никишова // XI Юридические чтения: Материалы Национальной научно-практической конференции, Саранск, 26–27 ноября 2025 года. – Саранск: РИЦ МГПУ, 2025. – С. 619-623.
2. Вихорева, М. В. Корпоративная социальная ответственность: противоречия в определениях и пути их преодоления / М. В. Вихорева // Репутациология. – 2025. – № 1-2(75-76). – С. 48–50.
3. Edelman Trust Barometer. Global Report 2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.edelman.com/sites/g/file s/aatuss191/files/2024-03/2024%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Global%20Report%20FINAL.pdf (дата обращения: 15.04.2026).
4. ESG Assets May Hit 53 Trillion by 2025, a Third of Global AUM. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bloo mberg.com/professional/blog/esg-assets-may-hit-53-trillion-by-2025-a-third-of-global-aum/ (дата обращения: 15.04.2026).
5. Вместе или порознь? Социальные противоречия в современной России [Электронный ресурс]. – URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/vmeste-ili-porozn-coczialnye-protivorechiya-v-sovremennojrossii (дата обращения: 15.04.2026).
6. Ассоциация менеджеров России. Индекс корпоративной социальной ответственности – 2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://amr.ru/reports/csr-index-2024 (дата обращения: 15.04.2026).
7. Ячменева, В. М. Сущность понятия «корпоративная социальная ответственность организации» / В. М. Ячменева, С. А. Ященко // Проблемы инновационной безопасности социально-экономических систем: Труды X Международной Юбилейной научно-практической конференции, Симферополь ¾ Гурзуф, 15–17 февраля 2024 года. – Симферополь Зуева Т. В., 2024. – С. 92–94.
8. Соколова, Ю. В. Понятие корпоративной социальной ответственности: подходы к определению / Ю. В. Соколова, А. В. Шмыглева // Современное управление: векторы развития: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Калининград, 23 декабря 2020 года. – Калининград: РА Полиграфъ, 2020. – С. 137–139.

Current issues and promising tools of corporate social responsibility

Svistunov V.M., Maslov K.P.
State University of Management

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article discusses current problems and promising tools of corporate social responsibility in the context of the digital transformation of the economy. Based on the analysis of scientific literature, statistical data and practice of Russian and foreign companies, modern problems of CSR development have been identified, including the formal nature of implementation, insufficient level of integration into corporate strategies and low level of public trust. The possible directions of CSR development in Russia are identified, related to the introduction of digital tools, increased transparency of activities and the development of non-financial reporting of modern organizations. The practical significance of the work lies in the possibility for domestic enterprises operating in various sectors of the economy to use the developed proposals in the formation and implementation of corporate sustainable development strategies.

Keywords: information security, corporate social responsibility, non-financial reporting, sustainable development, digital economy, digitalization.

References

1. Nikishova, N. V. The concept and essence of corporate social responsibility: a socio-philosophical approach / N. V. Nikishova // XI Legal readings: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Saransk, November 26-27, 2025. Saransk: RIC MGPU, 2025. pp. 619-623.
2. Vikhoreva, M. V. Corporate social responsibility: contradictions in definitions and ways to overcome them / M. V. Vikhoreva // Reinterpretationology. – 2025. – № 1-2(75-76). – Pp. 48-50.
3. Edelman Trust Barometer. Global Report 2024. [Electronic resource]. – URL: https://www.edelman.com/sites/g/file s/aatuss191/files/2024-03/2024%20Edelman%20Trust%20Barometer%20Global%20Report%20FINAL.pdf (accessed 04/15/2026).
4. ESG Assets May Hit 53 Trillion by 2025, a Third of Global AUM. [electronic resource]. – URL: https://www.bloo mberg.com/professional/blog/esg-assets-may-hit-53-trillion-by-2025-a-third-of-global-aum / (date of access: 04/15/2026).
5. Together or apart? Social contradictions in modern Russia [Electronic resource]. – URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/vmeste-ili-porozn-coczialnye-protivorechiya-v-sovremennojrossii (date of application: 04/15/2026).
6. Association of Managers of Russia. Index of corporate social responsibility - 2024. [Electronic resource]. – URL: https://amr.ru/reports/csr-index-2024 (date of request: 04/15/2026).
7. Yachmeneva, V. M. The essence of the concept of "corporate social responsibility of an organization" / V. M. Yachmeneva, S. A. Yashchenko // Problems of innovative security of socio-economic systems: Proceedings of the X International Anniversary Scientific and Practical Conference, Sinfero-paul I. Gurzuf, February 15-17, 2024. Simferopol, Zueva T. V., 2024, pp. 92-94.
8. Sokolova, Yu.V. The concept of corporate social responsibility: approaches to definition / Yu. V. Sokolova, A.V. Shmygleva // Modern management: development vectors: Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Kaliningrad, December 23, 2020. Kaliningrad: RA Polygraph Publ., 2020, pp. 137-139.

Анализ экономических механизмов регулирования стриминговых сервисов

Матвеева Татьяна Александровна
магистратр, MIA Digital University – Master's in Global Business, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, tamatveeva@yandex.ru

На фоне цифровых преобразований стриминговые сервисы прочно закрепили за собой статус системообразующей инфраструктуры креативной экономики. По сути, это обнажило серьезные институциональные противоречия: суверенные государства сталкиваются с оттоком капитала и алгоритмической монополизацией рынков. А чрезмерное фискальное давление неизбежно сказывается на снижении инвестиционной привлекательности отрасли и ведет к росту стоимости подписок для потребителей. Целью данного исследования является анализ современных экономических механизмов регулирования digital-платформ на базе актуальной практики в 2025-2026 годах. Как представляется, парадигма государственного вмешательства необратимо сместилась от банальной контентной модерации к сложным финансовым инструментам (имеются в виду инвестиционное квотирование, интеграция сервисов в контур сквозного налогового мониторинга и т. д.). По итогам работы автор приходит к выводу, что эффективность прямого административного принуждения ограничена. В качестве авторского вклада в статье предлагается и обосновывается концепция динамического налогообложения, гибко привязывающая фискальную нагрузку к объему локальных производственных инвестиций платформ. Одновременно с этим, аргументирована необходимость регулярного антимонопольного аудита рекомендательных систем для защиты независимых авторов от скрытой пессимизации. Полученные результаты обладают практической ценностью; они будут особенно полезны профильным министерствам, антимонопольным регуляторам, аналитикам медиарынка, корпоративным юристам при адаптации бизнес-процессов к вступающему в силу законодательству о платформенной экономике.

Ключевые слова: алгоритмическая рента, инвестиционное квотирование, платформенная экономика, стриминговые сервисы, цифровое право, экономическое регулированиеэ.

Введение

В реалиях современного этапа цифровизации аудиовизуальные и музыкальные стриминговые сервисы превратились из нишевых технологических стартапов в системообразующие звенья глобальной креативной экономики. Процесс перехода аудитории от классических форматов медиапотребления к подписным платформенным моделям повлек за собой существенные изменения в распределении финансовых потоков, рекламных бюджетов. Это же касается и инвестиций в производство контента. Между тем, долгое время данный сектор развивался в условиях регуляторного вакуума. И это давало возможность транснациональным корпорациям максимизировать прибыль за счет эффекта масштаба и сокращения налоговой нагрузки в странах фактического присутствия потребителей. Впрочем, по мере того, как digital-платформы начали оказывать определяющее влияние на культурную среду и национальные рынки, возникла острая потребность в формировании адекватного правового и экономического инструментария для их контроля.

Как представляется, основная проблема состоит в поиске равновесия между стимулированием технологических новаций и защитой национальных интересов (в контексте экономики). С одной стороны, стриминговые платформы снижают трансакционные издержки для независимых авторов; они расширяют доступ пользователей к глобальному репертуару. С другой, монополизация рынка несколькими крупными игроками приводит к искажению конкурентной среды. Вследствие этого отметим, что государственное вмешательство становится не просто желательным, но и объективно необходимым шагом. В сопоставлении с более ранними подходами, когда регулирование сводилось, в основном, к технической цензуре или антипиратским мерам, современная парадигма смещается в русло сложных финансово-экономических механизмов.

Видимо, именно 2025-2026 годы стали переломным периодом в институционализации платформенной экономики. В это время ведущие юрисдикции начали активно внедрять квотирование, целевые сборы, требования к алгоритмической прозрачности. Разумно предположить, что формирование действенной модели регулирования требует углубленного осмысления.

Материалы и методы

Изученный при подготовке статьи массив источников концептуально разделяется на три смысловых блока: исследования глобальных финансовых трендов и стратегического менеджмента цифровых рынков [1, 3, 5, 9, 11, 12, 16], анализ формирующейся нормативно-правовой базы платформенной экономики в России [6, 8, 10, 13, 15], изучение зарубежного опыта государственного протекционизма [2, 4, 7, 14].

В рамках данного источникового корпуса авторы применяют совокупность различных методологических подходов. Институциональный и формально-юридический используются М.Н. Вернигором [6], Д. Семеновым, И. Солонкиным [13], В. Наумовой [10] для анализа нового законодательства о платформенной экономике и правил распространения контента. Сравнительно-правовой и геоэкономический ракурсы рассмотрения характерны для И.В. Троцука и Е.А. Чулковой [14], а также публикаций о европейском регулировании (DSA, DMA) [2, 4, 7], где исследуются механизмы принудительного инвестирования транснациональных площадок в локальные рынки. В свою очередь, В.И. Анциферов [1], А.С. Новоселов [11], G. Szalai [16], опираясь на макроэкономический и статистический подходы, оценивают финансовую емкость рынка, адаптацию корпоративных стратегий, последствия изменения объемов производства.

При обзоре литературы обнаруживается, что фокус внимания стремительно сместился от констатации роста аудитории к анализу жестких экономических механизмов, с помощью которых государства пытаются монетизировать присутствие глобальных стримингов, обязать их финансировать локальное кинопроизводство, нивелировать угрозы монополизации digital-медиасреды.

Анализ материалов помогает зафиксировать ряд существенных противоречий в оценке текущего состояния отрасли. С одной стороны, статистические данные G. Szalai [16] и отраслевых сводок [3, 5, 12] отражают существенный рост выручки платформ. С другой, эксперты указывают на тенденцию к резкому сокращению производства оригинального контента [9] вкупе с усложнением стратегического управления [11]. Это говорит в пользу скрытого кризиса рентабельности и перенасыщении рынка в условиях глобальной конкуренции.

При раскрытии темы и написании данной статьи был использовано сочетание взаимодополняющих методов. Так, систематизация применялась для рассмотрения стриминговых сервисов как многоуровневой экосистемы, которая функционирует на стыке глобального цифрового бизнеса и жестких рамок национальных юрисдикций. Контент-анализ и статистический метод помогли аккумулировать и интерпретировать разрозненные финансовые показатели, проекты нормативных актов, отраслевые отчеты. Сравнительно-правовой метод был необходим в целях сопоставления регуляторных практик в аспекте защиты локальных рынков. Научный синтез обеспечил логическое объединение выявленных экономических трендов и правовых коллизий, позволив сформулировать комплексные выводы о векторе развития платформенной экономики.

Результаты и обсуждение

Стриминг – мультимедиа, которое непрерывно получает пользователь от провайдера потокового широковещания. Это понятие применимо как к информации, распространяемой через телекоммуникации, так и к информации, которая изначально распространялась посредством потокового вещания (например, радио, телевидение), или не потоковой (например, книги, видеокассеты, аудио CD). Стриминговый сервис – новое направление распространения материалов (обычно фильмов и сериалов), суть которого в том, что пользователь не загружает материал на компьютер, а просматривает его в том же режиме, что и простой стрим. Это позволяет как снизить количество пиратства (надо прилагать усилия, чтобы записать сериал), так и избавить хранилища информации компьютера от переполнения [1, 6, 11, 14].

Для предметного понимания регуляторных инициатив требуется оценить текущее состояние рынка. По-видимому, индустрия перешла от фазы экстенсивного набора аудитории к интенсивной монетизации. Согласно статистическим сводкам, мировые доходы от подписок на стриминговые сервисы в 2025 году достигли 157 млрд долларов США [16] (рис. 1).

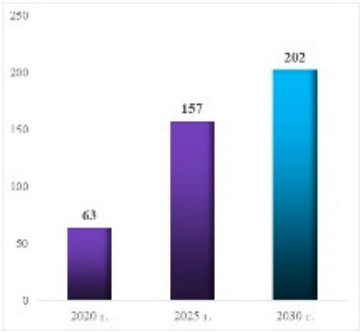


Рис. 1. Динамика и прогноз мировых доходов от подписок на стриминговые сервисы, млрд долл. [16]

С учетом доходов от интегрированной рекламы общая выручка платформ в этот период составила 177 млрд долларов США. Примечательно, что доля доходов от тарифов с рекламной поддержкой возросла с 5% в 2020 году до 28% в 2025 году. Это указывает на структурный сдвиг в бизнес-моделях компаний [3, 16].

Музыкальный сегмент демонстрирует схожую динамику: в 2025 году глобальная аудитория платного его звена увеличилась на 85 млн пользователей, достигнув отметки в 837 млн человек. Одновременно с этим, на фоне насыщения рынка платформы начали оптимизировать издержки. В частности, количество оригинальных сериалов, заказанных шестью крупнейшими мировыми видеосервисами, в первой половине 2025 года сократилось на 24% по сравнению с аналогичным периодом 2024 г. [5, 9].

Отмеченное выше сигнализирует о завершении эпохи «контентного пузыря» и переходе к строгой финансовой дисциплине.

Российский рынок также показывает устойчивый рост, невзирая на изменение внешнеэкономической конъюнктуры. В 2025 году объем рынка музыкальных стриминговых сервисов в РФ вырос на 23% по сравнению с 2024 годом. Он составил 46 млрд рублей. На долю подписной модели в России приходится 98,2% доходов. А рекламная монетизация обеспечивает лишь 1,8%. Прогнозируется, что в 2026 году сохранятся двузначные темпы роста на уровне 20% [12]. Для наглядности основные индикаторы представлены в таблице 1.

В отличие от предыдущих подходов, которые базировались на саморегулировании отрасли, в 2025-2026 годах государства перешли к директивным экономическим методам. Европейская практика характеризуется использованием механизма инвестиционного квотирования. Наиболее показательным следует признать кейс Германии. В феврале 2026 года власти страны выдвинули инициативу, которая обязывает международные платформы (Netflix, Amazon и т. д.) реинвестировать не менее 8% годовой выручки, полученной на территории ФРГ, в локальное производство аудиовизуального контента. Описываемая норма включает встроенный экономический стимул: компании, увеличивающие объем реинвестиций до 12%, получают административные послабления в части требований к локализации. Ранее аналогичные фискальные обязательства ввели Дания (5%-й сбор в пользу национального института кинематографии) и Нидерланды [2, 7].

Таблица 1

Сравнительный анализ экономических показателей рынка стриминговых сервисов (составлено на основе [3, 5, 9, 12, 16])

Показатель	2024 г.	2025 г.	2026 г. (прогноз)
Глобальные доходы от подписок, млрд долл.	137,8	157,1	~170,0
Доля рекламных тарифов в глобальной выручке стримингов, %	~22%	28%	31%
Объем рынка музыкального стриминга в РФ, млрд руб.	38,0	46,0	55,2
Доля доходов от подписок на рынке РФ, %	98,0%	98,2%	98,5%

По существу, благодаря рассматриваемым мерам решается проблема оттока капитала и обеспечивается финансирование национальных креативных индустрий за счет глобальных игроков. Помимо этого, вступление в силу в Европе Закона о цифровых рынках (DMA) и о цифровых услугах (DSA) закрепило крупные штрафы за антиконкурентное поведение (до значительных процентов от глобального оборота компаний) [4].

Российская Федерация, в свою очередь, пошла по пути комплексной институционализации digital-среды. Ключевым событием стало принятие базового Федерального закона № 289-ФЗ «Об отдельных вопросах регулирования платформенной экономики в РФ» (подписан в июле 2025 года, вступает в силу с 1 октября 2026 года). До появления этого документа отрасль фактически находилась в фрагментированном правовом поле, которое было распределено между ФАС, ФНС, Роспотребнадзором. В контексте стриминговых сервисов данным законом вводятся строгие правила информационного обмена операторов платформ с налоговыми органами. Это позволяет пресекать теневые финансовые потоки [8, 10].

Вместе с тем, законодатель активно использует регуляторные барьеры с целью защиты ценностного суверенитета. С 1 марта 2026 года вступили в силу изменения в порядок выдачи прокатных удостоверений, запрещающие стриминговым сервисам распространять аудиовизуальные произведения, дискредитирующие традиционные российские духовно-нравственные ценности, с требованием удаления подобного контента по предписанию Роскомнадзора в течение суток [13]. В качестве механизма преодоления санкционных ограничений и легализации расчетов с иностранными правообладателями Комитет РСПП в 2025 году предложил задействовать механизм специальных номинальных счетов типа «О». Это дает возможность российским платформам легально монетизировать и транслировать востребованный зарубежный контент [15].

На основании отмеченного подчеркнем, что текущие модели регулирования, хотя и демонстрируют определенную эффективность, все еще обладают изъянами. Так, фиксированные инвестиционные квоты (как в европейской практике) подчас перекладываются на конечного потребителя через повышение стоимости подписки. Налоговый контроль зачастую игнорирует специфику алгоритмической ренты платформ. В целях усовершенствования регуляторной политики предлагаются авторские рекомендации.

Так, первая из них касается внедрения системы динамического налогообложения. Предлагается привязывать ставку налога на прибыль стриминговых платформ к доле их локальных производственных бюджетов. Новизна подхода выражается в отказе от жестких квот в пользу гибкой шкалы: чем больше сервис инвестирует в производство контента на территории страны, тем ниже для него ставка корпоративного налога. Это поможет сгладить проблему административного давления на бизнес, заменив его экономическим поощрением.

Следующее предложение связано с аудитом алгоритмической выдачи с позиций антимонопольного контроля. Поскольку рекомендательные системы напрямую влияют на монетизацию конкретных авторов и студий, алгоритмы платформ должны проходить периодический независимый аудит. Цель описываемого шага – не допустить искусственной

пессимизации независимых производителей контента в пользу собственных продуктов стриминга.

Помимо отмеченного, весьма значима стандартизация статистической отчетности сервисов. Поддерживая инициативу профильных комитетов, государству необходимо внедрить единый цифровой стандарт отчетности для сервисов, аналогичный ЕАИС для традиционных кинотеатров. Этим обеспечится транспарентность расчетов с авторами. Можно будет корректно оценивать макроэкономический вклад отрасли в ВВП.

Заключение

Экономика стриминговых платформ вступила в фазу институциональной зрелости. Период бесконтрольного роста и глобальной экспансии, который опирался на избыточное привлечение венчурного капитала, сменился этапом прагматичной монетизации, столкновения с интересами суверенных государств. Как продемонстрировало исследование, современные инструменты регулирования выходят за границы рядовой блокировки нежелательного контента. Они преобразовались в сложные экономические механизмы (от прямых финансовых изъятий, квотирования инвестиций до интеграции платформ в единый контур налогового мониторинга). Это отчетливо наблюдается в российской практике с принятием Федерального закона № 289-ФЗ.

Вероятно, ключевым научным выводом данной работы является обоснование тезиса о том, что цифровые стриминговые платформы более не могут рассматриваться государственными институтами исключительно как частные ИТ-продукты. По своему масштабу, уровню проникновения в домохозяйства, влиянию на креативные индустрии они приобрели статус общественно значимой инфраструктуры. В связи с этим госвмешательство, которое реализуется через налоговые стимулы, антимонопольные ограничения, механизмы защиты национальных производителей, выступает в качестве объективно необходимого условия сохранения здоровой конкуренции и культурного суверенитета.

Дальнейшие изыскания в анализируемой области целесообразно нацелить на изучение микроэкономических эффектов от внедрения гибридных моделей монетизации (с рекламной поддержкой) и их влияния на платежеспособный спрос населения. В конечном счете, гармоничное развитие стриминговых сервисов достижимо лишь при условии конструктивного диалога между транснациональным технологическим капиталом и национальными регуляторами.

Литература

1. Анциферов В.И. Развитие стриминговых сервисов: вызовы локализации и глобальной конкуренции // Экономика строительства. – 2024. – № 12. – С. 286-290.
2. Бойко А. Стриминговые сервисы обязали инвестировать в немецкое кино // URL: https://berliner-telegraph.de/deutschland/стриминговые-сервисы-обязали-инвест/ (дата обращения: 30.04.2026).
3. В 2025 году доходы стриминговых сервисов впервые превысили $150 млрд // URL: https://www.proficinema.com/news/detail.php?ID=446036 (дата обращения: 29.04.2026).
4. В Европе вступают в силу новые правила цифрового регулирования DSA и DMA // URL: https://www.bybanner.com/article/33314.html (дата обращения: 30.04.2026).
5. В прошлом году на стриминг пришлось 70% мировых доходов от продажи записанной музыки // URL: https://thinktanks.pro/publication/2026/03/25/v-proshlom-godu-na-striming-prishlos-70-mirovyh-dohodov-ot-prodazhi-zapisannoy-muzyki.html (дата обращения: 30.04.2026).
6. Вернигор М.Н. Проблемы правового регулирования деятельности стриминговых сервисов в Российской Федерации // Уральский научный вестник. – 2023. – Т. 10. – № 4. – С. 171-177.
7. Европа выдвигает новые условия для американских стриминговых гигантов // URL: https://www.proficinema.com/questions-problems/articles/detail.php?ID=380716 (дата обращения: 30.04.2026).
8. Закон о платформенной экономике принят Госдумой // URL: https://d-russia.ru/zakon-o-platformennoj-jekonomike-prinjat-gosdumoj.html (дата обращения: 30.04.2026).
9. Мировые стриминговые платформы сокращают производство оригинального контента // URL: https://www.proficinema.com/questions-problems/articles/detail.php?ID=429507 (дата обращения: 30.04.2026).
10. Наумова В. Платформенная экономика — 2026: как новый закон меняет рынок и доходы селлеров // URL: https://rb.ru/reviews/platformennaya-yekonomika-2026/ (дата обращения: 30.04.2026).
11. Новоселов А.С. Адаптация стратегического менеджмента стриминговых сервисов к изменениям в цифровой медиасреде: анализ тенденций и вызовов // Форум. Серия: Современное состояние и тенденции развития гуманитарных и экономических наук. – 2024. – № S1 (31). – С. 74-78.
12. Рынок музыкальных стримингов в России в 2025 году достигнет 46 млрд рублей // URL: https://www.vedomosti.ru/media/news/2025/12/19/1164620-rinok-muzikalnih-strimingov (дата обращения: 30.04.2026).
13. Семенов Д., Солонкин И. Изменения порядка распространения аудиовизуальных произведений: новые требования и ограничения // URL: https://b1.ru/insights/law-messenger/audiovisual-works-distribution-august-2025/ (дата обращения: 30.04.2026).
14. Троцук И.В., Чулкова Е.А. Тенденции развития и методы регулирования стриминга: китайский подход // Коммуникология. – 2026. – Т. 14. – № 1. – С. 150-163.
15. Удостоверения в обмен на расширение репертуара // URL: https://rg.ru/2025/02/25/udostovereniia-v-obmen-na-rasshirenie-repertuara.html (дата обращения: 30.04.2026).
16. Szalai G. Global Streaming Subscription Revenue Tripled In Five Years, Poised to Top $200 Billion by 2030 // URL: https://www.hollywoodreporter.com/business/business-news/global-streaming-subscription-revenue-ampere-price-hikes-ad-1236551471/ (дата обращения: 29.04.2026).

Analysis of Economic Mechanisms for Regulating Streaming Services

Matveeva T.A.

Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

Against the backdrop of digital transformations, streaming services have firmly established themselves as a system-forming infrastructure of the creative economy. This shift has exposed serious institutional contradictions: sovereign states face capital flight and algorithmic market monopolization, while excessive fiscal pressure inevitably reduces the industry's investment attractiveness and leads to rising subscription costs for consumers. This study aims to analyze modern economic mechanisms for regulating digital platforms based on current practices in 2025–2026. The paradigm of state intervention has irreversibly shifted from basic content moderation toward complex financial instruments, such as investment quotas and the integration of services into end-to-end tax monitoring. The author concludes that the effectiveness of direct administrative coercion is limited. As a key contribution, the article proposes and substantiates the concept of dynamic taxation, which flexibly links the fiscal burden to the volume of a platform's local production investments. Simultaneously, the study argues for the necessity of regular antitrust audits of recommendation systems to protect independent creators from shadow demotion (pessimization). The results hold practical value for relevant ministries, antitrust regulators, media market analysts, and corporate lawyers adapting business processes to emerging platform economy legislation.

Keywords: algorithmic rent, digital law, economic regulation, investment quotas, platform economy, streaming services.

References

1. Antsiferov V.I. Development of streaming services: challenges of localization and global competition // Economics of Construction. – 2024. – No. 12. – Pp. 286-290.
2. Boyko A. Streaming services obliged to invest in German cinema // URL: https://berliner-telegraph.de/deutschland/стриминговые-сервисы-обязали-инвест/ (date of access: 30.04.2026).
3. In 2025, streaming service revenues exceeded $150 billion for the first time // URL: https://www.proficinema.com/news/detail.php?ID=446036 (date of access: 29.04.2026).
4. New digital regulation rules DSA and DMA come into force in Europe // URL: https://www.bybanner.com/article/33314.html (date of access: 30.04.2026).
5. Last year, streaming accounted for 70% of global recorded music revenue // URL: https://thinktanks.pro/publication/2026/03/25/v-proshlom-godu-na-striming-prishlos-70-mirovyh-dohodov-ot-prodazhi-zapisannoy-muzyki.html (date of access: 30.04.2026).
6. Vernigor M.N. Problems of legal regulation of streaming services activities in the Russian Federation // Ural Scientific Bulletin. – 2023. – Vol. 10. – No. 4. – Pp. 171-177.
7. Europe sets new conditions for American streaming giants // URL: https://www.proficinema.com/questions-problems/articles/detail.php?ID=380716 (date of access: 30.04.2026).
8. Law on the platform economy passed by the State Duma // URL: https://d-russia.ru/zakon-o-platformennoj-jekonomike-prinjat-gosdumoj.html (date of access: 30.04.2026).
9. Global streaming platforms reduce production of original content // URL: https://www.proficinema.com/questions-problems/articles/detail.php?ID=429507 (date of access: 30.04.2026).
10. Naumova V. Platform economy — 2026: how the new law changes the market and sellers' income // URL: https://rb.ru/reviews/platformennaya-yekonomika-2026/ (date of access: 30.04.2026).
11. Novoselov A.S. Adaptation of strategic management of streaming services to changes in the digital media environment: analysis of trends and challenges // Forum. Series: Current state and trends of development of humanitarian and economic sciences. – 2024. – No. S1 (31). – Pp. 74-78.
12. The music streaming market in Russia in 2025 will reach 46 billion rubles // URL: https://www.vedomosti.ru/media/news/2025/12/19/1164620-rinok-muzikalnih-strimingov (date of access: 30.04.2026).
13. Semenov D., Solonkin I. Changes in the procedure for distributing audiovisual works: new requirements and restrictions // URL: https://b1.ru/insights/law-messenger/audiovisual-works-distribution-august-2025/ (date of access: 30.04.2026).

Особенности использования ии-сервисов в системе управления промышленным предприятием

Мухамедияров Эльмир Ринатович
аспирант, факультет экономики и управления, Московская международная академия, elmir2333@mail.ru

В работе рассмотрены отличительные черты применения интеллектуальных сервисов, построенных на технологиях искусственного интеллекта, в контуре принятия решений на промышленных предприятиях. Аргументирована потребность в переходе от точечного встраивания отдельных ИИ-инструментов к их планомерному включению в управленческую деятельность. Проведён разбор отечественных и зарубежных научных работ, на основании которого скорректировано содержание категории «ИИ-сервис» применительно к производственному менеджменту, а также сконструирована авторская типология, опирающаяся на два критерия: обслуживаемую функцию менеджмента и меру самостоятельности сервиса при выработке решений. Обозначены и упорядочены шесть организационно-управленческих характеристик, придающих интеграции ИИ-сервисов качественное своеобразие по сравнению с проектами внедрения классических корпоративных информационных систем: детерминированность результата качеством исходных данных, перестройка профессиональных компетенций и должностной структуры, корректировка организационного дизайна, выращивание культуры решений, опирающихся на факты, вопрос доверия к машинным рекомендациям, а также циклический режим запуска решений. Полученные выводы проверены на материалах трёх крупных российских производственных корпораций — ПАО «КАМАЗ», ПАО «Северсталь» и ГК «СИБУР». Итогом работы стал набор адресных рекомендаций для руководящих работников промышленных организаций.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интеллектуальные сервисы, производственный менеджмент, поддержка решений, машинное обучение, прогнозная аналитика, совместный интеллект, факто-ориентированное управление, промышленное производство.

Введение

За десятилетие ИИ стал практическим инструментом промышленного управления; его приоритет закреплён в Стратегии до 2030 года [1]. К 2023 г. ИИ применяли около 20 % промышленных предприятий и свыше 40 % крупных компаний [2], однако более половины проектов не выходят из пилотной стадии [3], что связано с недоработкой организационно-управленческих аспектов.

Исследования преимущественно фокусируются на технической стороне [4, 5], тогда как управленческое измерение раскрыто ограниченно [6–11].

Цель — выявить и систематизировать организационно-управленческие особенности использования ИИ-сервисов в управлении промышленным предприятием.

Задачи: уточнить понятие «ИИ-сервис», разработать управленческую типологию, определить ключевые особенности и проверить их на кейсах российских компаний.

Объект — система управления предприятием; предмет — особенности внедрения ИИ-сервисов.

Методы: системный и процессный подходы, сравнительный анализ, классификация, кейс-анализ.

1. Содержание и типология ИИ-сервисов с позиции промышленного менеджмента

1.1. Содержательное наполнение категории «ИИ-сервис»

В литературе используются разные термины (ИИ-системы, приложения, платформы), что размывает понятийный аппарат. В работе применяется понятие **«ИИ-сервис»** — программный продукт с функциями ИИ, встроенный в управленческий или операционный процесс для решения конкретной задачи.

Термин «Сервис» указывает на модель AI as a Service [12] и встроенность в бизнес-процесс. Акцент — на управленческом измерении; неудачи ИИ-проектов чаще вызваны ошибками постановки и интеграции, а не технологией [13].

1.2. Двумерная типология ИИ-сервисов

Предложена двумерная типология ИИ-сервисов по двум управленческим основаниям.

1. Функция менеджмента [14]:

Планирование (прогнозы, оптимизация), организация (распределение ресурсов), контроль (качество, предиктивное ТО, безопасность), координация (документооборот, маршрутизация), кадровая функция (подбор, обучение, прогноз текучести).

2. Степень автономности:

- справочная — аналитика без принятия решения;
- совещательная — рекомендации с правом человека утвердить или отклонить;
- исполнительная — автоматическая реализация решения в заданных рамках.

Наглядно типология представлена в таблице 1.

Таблица 1
Двумерная типология ИИ-сервисов по управленческим основаниям

Функция менеджмента	Справочная ступень	Совещательная ступень	Исполнительная ступень
Планирование	Панели прогнозной аналитики, визуальные карты трендов	Предложения по объёмам и срокам производственных партий	Самостоятельное формирование сменных графиков и заданий
Организация	Отображение загрузки станков и бригад в реальном времени	Варианты перераспределения заказов между участками	Машинная диспетчеризация производственных задач
Контроль	Сигнальные панели отклонений и аварийных триггеров	Перечень корректирующих мер с ранжированием приоритетов	Немедленная остановка линии при фиксации критического брака
Координация	Сводная аналитика межфункционального взаимодействия	Умная маршрутизация согласований и служебных записок	Автопорождение протоколов совещаний и отчётных форм
Кадровая функция	Портрет компетенций и индексы вовлечённости	Рекомендации по ротации, удержанию и развитию	Автоматический первичный отсев резюме по профилю вакансии

Источник: составлено автором.

Типология полезна в трёх аспектах: позволяет соотнести ИИ-сервис с конкретной управленческой задачей, определить допустимый уровень автономии с учётом зрелости и рисков и формирует общий язык взаимодействия менеджеров, аналитиков и ИТ-специалистов.

2. Организационно-управленческая специфика применения ИИ-сервисов на производстве

Опираясь на разбор научных публикаций [6, 8, 13, 15, 16] и практический опыт индустриальных компаний, автор обнаружил шесть содержательных характеристик, отделяющих работу с ИИ-сервисами от привычного опыта эксплуатации корпоративных информационных систем.

2.1. Детерминированность результата качеством исходных данных

Наиболее глубокое отличие заключается в зависимости эффективности интеллектуального сервиса от качества данных, на которых он обучен: в отличие от ERP-системы, работающей по жёстким правилам, ИИ напрямую зависит от полноты и репрезентативности массивов [17].

До 60–80 % времени и бюджета ИИ-проектов уходит на подготовку данных — очистку, нормализацию и согласование [18]. Это требует единых регламентов учёта, интеграции источников и ответственности за достоверность данных. Инвестиции в дата-инфраструктуру — стратегическое решение, определяющее потенциал всех будущих ИИ-инициатив [19].

2.2. Перестройка профессиональных компетенций и должностной архитектуры

Вторая ключевая особенность — радикальное изменение требований к компетенциям на всех уровнях управления [20].

Рабочие и мастера должны овладеть навыками осмысленной работы с данными (data literacy) и взаимодействия с ИИ-сервисами. Руководители среднего звена — понимать возможности и ограничения ИИ, корректно формулировать запросы и критически оценивать рекомендации. Топ-менеджмент — стратегически управлять инвестициями в ИИ и организационными изменениями.

Одновременно возникают новые роли: Data Owner, Data Scientist, ML Engineer и Data Translator — посредник между производством и аналитикой, переводящий управленческие задачи в требования к моделям и обратно [21].

2.3. Корректировка организационного дизайна

Третья характеристика — адаптация структуры под ИИ-проекты. Выделяют три архетипа [22]:

- концентрированный (CoE, стандарты и масштаб, но риск отрыва от производства),
- распределённый (близость к контексту, но дублирование),
- комбинированный (центр — методология и платформа, подразделения — смешанные команды; наиболее эффективен для крупных компаний [22]).

Выбор зависит от масштаба, отрасли и цифровой зрелости.

2.4. Выращивание культуры факто-ориентированных решений

Четвёртая характеристика — переход к data-driven управлению [23]. Сопротивление (формализм, выборочное доверие данным, противодействие изменениям) часто срывает ИИ-проекты [24].

Необходимы быстрые результаты, вовлечение сотрудников, связь аналитики с мотивацией и личная поддержка руководства.

2.5. Вопрос доверия и модель совместного интеллекта

Пятая характеристика — «эффект непрозрачного ящика»: логика ML-моделей часто неясна пользователю, что осложняет доверие и распределение ответственности [25].

Решение — модель совместного интеллекта: машина выявляет закономерности, человек обеспечивает контекст и ответственность [26]. Полная автоматизация допустима для типовых операций; в остальных случаях — «машина предлагает, человек утверждает». Explainable AI повышает прозрачность и доверие [25].

2.6. Циклический режим запуска решений

Шестая характеристика — циклический характер разработки ИИ-сервисов. В отличие от «водопадного» внедрения ИС, ценность модели выявляется только при работе с реальными данными, поэтому применяется логика: гипотеза → быстрый прототип → тест на данных → оценка эффекта → решение о масштабировании или закрытии [27].

Это требует ускоренного экспериментирования (2–3 месяца до прототипа), терпимости к обоснованным неудачам и портфельного управления ИИ-инициативами с гибким перераспределением ресурсов.

Обобщение выявленных характеристик представлено в таблице 2.

Таблица 2

Организационно-управленческая специфика применения ИИ-сервисов на промышленном предприятии

№	Характеристика	Содержание	Следствия для менеджмента
1	Детерминированность качеством данных	Продуктивность сервиса определяется полнотой, точностью и репрезентативностью данных	Вложения в дата-инфраструктуру как стратегический приоритет руководства
2	Перестройка компетенций и ролей	Новые требования к знаниям на каждом уровне; появление ранее не существовавших должностей	Массовое развитие дата-грамотности; учреждение новых позиций
3	Корректировка организационного дизайна	Потребность в специализированных структурах управления ИИ-проектами	Выбор и реализация оптимального организационного архетипа
4	Культура факто-ориентированных решений	Замещение интуитивных оснований решения фактологическими	Целенаправленная работа с культурными барьерами и сопротивлением
5	Доверие и совместный интеллект	Непрозрачность машинных моделей требует специальной модели взаимодействия человека и алгоритма	Совещательный режим по умолчанию; внедрение средств объяснимого ИИ
6	Циклический режим запуска	Невозможность гарантировать результат заранее; необходимость быстрых экспериментов	Гибкое управление портфелем ИИ-инициатив; терпимость к разумным неудачам

Источник: составлено автором.

3. Проверка результатов на материале российских промышленных корпораций

Для подтверждения обоснованности выявленных характеристик проведён разбор публично доступных материалов трёх крупных отечественных производителей, занимающих передовые позиции в использовании интеллектуальных технологий: ПАО «КАМАЗ», ПАО «Северсталь» и ГК «СИБУР».

3.1. ПАО «КАМАЗ»

ПАО «КАМАЗ» системно внедряет ИИ в производственный менеджмент [28].

ИИ-сервисы: машинное зрение для поточного контроля сварки, прогнозная аналитика отказов оборудования, оптимизационные алгоритмы производственного планирования.

Оргмодель: комбинированный архетип — Центр цифровых компетенций задаёт методологию, подразделения формируют задачи и принимают результаты; внедрение идёт через пилоты и обучение персонала.

Эффекты: снижение брака на 15–20 % и сокращение внеплановых остановок на 25 % [28].

3.2. ПАО «Северсталь»

ПАО «Северсталь» расширяет применение ИИ в производстве и логистике [29].

ИИ-сервисы: прогноз состава стали (оптимизация рецептуры), модели энергопотребления, алгоритмы прогнозирования спроса и управления запасами.

Оргмодель: комбинированный архетип через «Северсталь-инфоком» и институт внутренних заказчиков; реализуется программа развития data-грамотности.

Эффекты: снижение расхода ферросплавов на 5–7 %, затрат на электроэнергию на 3–5 %, рост точности прогноза спроса на 12 п.п. [29].

3.3. ГК «СИБУР»

ГК «СИБУР» системно применяет ИИ в производстве, безопасности и логистике [30].

ИИ-сервисы: «цифровые советчики» (машина рекомендует — оператор утверждает), машинное зрение для контроля ПБ, алгоритмы планирования отгрузок.

Оргмодель: комбинированный архетип — Центр цифровых инноваций формирует смешанные команды; пилоты запускаются за 8–12 недель.

Эффекты: рост выхода продукта на 1–3 %, снижение инцидентов на 30 %, сокращение транспортных затрат на 4–6 % [30].

3.4. Сопоставительное обобщение

Сравнение трёх кейсов позволяет систематизировать проявление обнаруженных характеристик в реальной практике (таблица 3).

Таблица 3

Проявление организационно-управленческих характеристик в практике российских промышленных компаний

Характеристика	ПАО «КАМАЗ»	ПАО «Северсталь»	ГК «СИБУР»
Приоритет качества данных	Единая платформа производственных данных	Консолидированное хранилище данных	Интегрированная IoT-инфраструктура
Перестройка компетенций	Обучение производственного персонала	Программа дата-грамотности для всех уровней	Смешанные группы «аналитик + технолог»

Организационный дизайн	Комбинированный (центр + цеховые группы)	Комбинированный (интегратор + бизнес-заказчики)	Комбинированный (центр + кросс-функциональные группы)
Культура решений	Формируется на этапе становления	Поддерживается программой грамотности	Закреплена методологией экспериментов
Совместный интеллект	Совещательный уровень сервисов	Совещательный уровень сервисов	«Цифровые советчики» — совещательный уровень
Циклический запуск	Пилотирование на отдельных участках	Пилот → оценка → тиражирование	Норматив: прототип за 8–12 недель

Источник: составлено автором по материалам [28, 29, 30].

Кейс-анализ позволяет сделать пять обобщений:

- Дата-инфраструктура рассматривается как стратегический приоритет.
- Реализуются программы развития компетенций на всех уровнях.
- Применяется комбинированный организационный архетип.
- Преобладают совещательные ИИ-сервисы — модель совместного интеллекта.
- Внедрение строится циклически: пилотирование перед масштабированием.

4. Практические рекомендации для руководителей

Рекомендации руководителям:

Приоритет дата-инфраструктуры: сначала — хранилища, регламенты и качество данных, затем — ИИ.

Осознанный отбор проектов: соотносить инициативы с функцией менеджмента и уровнем автономности сервиса.

Комбинированная оргмодель: центр компетенций + смешанные команды в подразделениях; назначение бизнес-спонсора.

Дифференцированное развитие компетенций: data-грамотность для персонала, прикладное понимание ИИ для менеджеров, стратегический уровень — для топ-руководства; введение роли Data Translator.

Старт с совещательных решений: «машина советует — человек утверждает»; полная автоматизация — только для рутинных операций.

Быстрый цикл: 8–12 недель от гипотезы до пилота; отсутствие эффекта — повод остановить или пересобрать проект.

Управление культурным сдвигом: быстрые победы, вовлечение сотрудников, корректировка стимулов и личная поддержка руководства.

Заключение

Исследование достигло цели — выявлены и структурированы организационно-управленческие характеристики применения ИИ-сервисов в промышленном менеджменте.

Ключевые результаты:

Уточнено понятие «ИИ-сервис» с акцентом на его управленческую функцию, а не только техническую природу.

Разработана двумерная типология по функциям менеджмента и степени самостоятельности сервиса (справочная, совещательная, исполнительная). Систематизированы шесть характеристик: зависимость от качества данных, трансформация компетенций, изменение оргдизайна, формирование культуры data-driven решений, модель совместного интеллекта и цикличность внедрения.

Кейс-анализ ПАО «КАМАЗ», ПАО «Северсталь» и ГК «СИБУР» подтвердил выявленные характеристики: комбинированный архетип, совместный интеллект, инвестиции в компетенции и циклический запуск.

Сформулированы семь практических рекомендаций для руководителей.

Научная новизна — управленческая типология ИИ-сервисов и их рассмотрение как элемента системы менеджмента.

Практическая значимость — возможность применения результатов при проектировании ИИ-программ и организационных изменений.

Ограничения — фокус на крупных предприятиях и публичных кейсах.

Перспективы — разработка количественных метрик эффекта, отраслевой анализ и учёт уровня технологической зрелости.

Литература

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2019. — № 41. — Ст. 5700.
2. Абдрахманова, Г. И. Индикаторы цифровой экономики: 2023: статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг [и др.]. — М.: НИУ ВШЭ, 2023. — 332 с.
3. Центр стратегических разработок. Искусственный интеллект в промышленности России: барьеры и перспективы внедрения / ЦСР. — М., 2023.
4. Lee, J. Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems / J. Lee, J. Singh, M. Azamfar // Manufacturing Letters. — 2019. — Vol. 18. — P. 20–23.
5. Zheng, T. The Applications of Industry 4.0 Technologies in Manufacturing Context: A Systematic Literature Review / T. Zheng, M. Ardolino, A. Bacchetti, M. Perona // International Journal of Production Research. — 2021. — Vol. 59, No. 6. — P. 1922–1954.
6. Davenport, T. H. The AI Advantage: How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work / T. H. Davenport. — Cambridge: MIT Press, 2018. — 248 p.
7. Brynjolfsson, E. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies / E. Brynjolfsson, A. McAfee. — New York: W. W. Norton & Company, 2014. — 306 p.
8. Iansiti, M. Competing in the Age of AI: Strategy and Leadership When Algorithms and Networks Run the World / M. Iansiti, K. R. Lakhani. — Boston: Harvard Business Review Press, 2020. — 288 p.
9. Бабкин, А. В. Цифровая экономика и Индустрия 4.0: проблемы и перспективы / А. В. Бабкин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. — 2017. — Т. 10, № 3. — С. 9–22.
10. Толкачёв, С. А. Индустрия 4.0 и её влияние на технологические основы экономической безопасности России / С. А. Толкачёв // Мир новой экономики. — 2019. — Т. 13, № 1. — С. 75–87.
11. Кондратьев, В. Б. Цифровая трансформация промышленности / В. Б. Кондратьев // Мировая экономика и международные отношения. — 2021. — Т. 65, № 7. — С. 51–60.
12. Ribeiro, J. Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 — A Literature Review / J. Ribeiro, R. Lima, T. Eckhardt, S. Paiva // Procedia Computer Science. — 2021. — Vol. 181. — P. 51–58.
13. Ransbotham, S. Winning With AI: Pioneers Combine Strategy, Organizational Behavior, and Technology / S. Ransbotham, S. Khodabandeh, R. Fehling [et al.] // MIT Sloan Management Review. — 2019. — Vol. 61, No. 1. — P. 1–17.
14. Мескон, М. Х. Основы менеджмента / М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури; пер. с англ. — 3-е изд. — М.: Вильямс, 2016. — 672 с.
15. Wuest, T. Machine Learning in Manufacturing: Advantages, Challenges, and Applications / T. Wuest, D. Weimer, C. Irgens, K.-D. Thoben // Production & Manufacturing Research. — 2016. — Vol. 4, No. 1. — P. 23–45.
16. Baryannis, G. Supply Chain Risk Management and Artificial Intelligence: State of the Art and Future Research Directions / G. Baryannis, S. Validi, S. Dani, G. Antoniou // International Journal of Production Research. — 2019. — Vol. 57, No. 7. — P. 2179–2202.
17. Sambasivan, N. "Everyone Wants to Do the Model Work, Not the Data Work": Data Cascades in High-Stakes AI / N. Sambasivan, S. Kapania, H. Highfill [et al.] // Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. — 2021. — P. 1–15.
18. Provost, F. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking / F. Provost, T. Fawcett. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2013. — 414 p.
19. Henke, N. The Age of Analytics: Competing in a Data-Driven World / N. Henke, J. Bughin, M. Chui [et al.] // McKinsey Global Institute. — 2016. — 136 p.
20. Brock, J. K.-U. Demystifying AI: What Digital Transformation Leaders Can Teach You about Realistic Artificial Intelligence / J. K.-U. Brock, F. von Wangenheim // California Management Review. — 2019. — Vol. 61, No. 4. — P. 110–134.
21. Henke, N. You Don't Have to Be a Data Scientist to Fill This Must-Have Analytics Role / N. Henke, J. Levine, P. McInerney // Harvard Business Review. — 2018. — February 5.
22. Fountaine, T. Building the AI-Powered Organization / T. Fountaine, B. McCarthy, T. Saleh // Harvard Business Review. — 2019. — Vol. 97, No. 4. — P. 62–73.
23. Anderson, C. Creating a Data-Driven Organization: Practical Advice from the Trenches / C. Anderson. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. — 260 p.
24. Tambe, P. Artificial Intelligence in Human Resources Management: Challenges and a Path Forward / P. Tambe, P. Cappelli, V. Yakubovich // California Management Review. — 2019. — Vol. 61, No. 4. — P. 15–42.
25. Arrieta, A. B. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges toward Responsible AI / A. B. Arrieta, N. Díaz-Rodríguez, J. Del Ser [et al.] // Information Fusion. — 2020. — Vol. 58. — P. 82–115.

26. Dellermann, D. The Future of Human-AI Collaboration: A Taxonomy of Design Knowledge for Hybrid Intelligence Systems / D. Dellermann, P. Ebel, M. Söllner, J. M. Leimeister // Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences. — 2019. — P. 274–283.

27. Amershi, S. Software Engineering for Machine Learning: A Case Study / S. Amershi, A. Begel, C. Bird [et al.] // Proceedings of the IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering. — 2019. — P. 291–300.

28. ПАО «КАМАЗ». Годовой отчёт за 2023 год. — Набережные Челны, 2024. — URL: https://kamaz.ru/investors/ (дата обращения: 15.01.2025).

29. ПАО «Северсталь». Годовой отчёт за 2023 год. — Череповец, 2024. — URL: https://www.severstal.com/rus/ir/ (дата обращения: 15.01.2025).

30. ПАО «СИБУР Холдинг». Отчёт об устойчивом развитии за 2023 год. — М., 2024. — URL: https://www.sibur.ru/sustainability/ (дата обращения: 15.01.2025).

Features of using ai services in an industrial enterprise management system

Mukhamediarov E.R.
Private educational institution of higher education «Moscow International Academy» (MIA)

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The paper explores distinctive characteristics of deploying intelligent services powered by artificial intelligence within the decision-making framework of manufacturing companies. The necessity of moving beyond ad hoc integration of individual AI tools toward their deliberate embedding into managerial activities is argued. A review of Russian and international scholarship enabled refinement of the "AI service" concept as it applies to industrial management, alongside the construction of a two-dimensional typology grounded in two criteria: the managerial function served and the extent of the service's independent judgment in decision formulation. Six organizational-managerial attributes that set AI service integration apart from conventional enterprise IT deployments have been delineated and structured: outcome dependence on source data quality, reshaping of professional skill sets and positional hierarchies, adjustment of organizational architecture, cultivation of evidence-based decision culture, the trust question surrounding machine-generated recommendations, and cyclical rollout dynamics. Findings were validated using publicly available materials from three major Russian manufacturing corporations — KAMAZ PJSC, Severstal PJSC, and SIBUR Group. The study culminates in a set of targeted recommendations for senior managers of industrial organizations.

Keywords: artificial intelligence, intelligent services, manufacturing management, decision support, machine learning, predictive analytics, collaborative intelligence, evidence-based management, industrial production.

References

1. On the Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 490 of October 10, 2019 // Collected Legislation of the Russian Federation. 2019. No. 41. Art. 5700.
2. Abdrakhmanova, G.I., Vishnevsky, K.O., Gokhberg, L.M., et al. Indicators of the Digital Economy: 2023: Statistical Compendium. Moscow: HSE University, 2023. 332 p.
3. Center for Strategic Research. Artificial Intelligence in Russian Industry: Barriers and Prospects for Implementation. Moscow: CSR, 2023.
4. Lee, J., Singh, J., Azamfar, M. Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems // Manufacturing Letters. 2019. Vol. 18. P. 20–23.
5. Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M. The Applications of Industry 4.0 Technologies in Manufacturing Context: A Systematic Literature Review // International Journal of Production Research. 2021. Vol. 59, No. 6. P. 1922–1954.
6. Davenport, T.H. The AI Advantage: How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work. Cambridge: MIT Press, 2018. 248 p.
7. Brynjolfsson, E., McAfee, A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W.W. Norton & Company, 2014. 306 p.
8. Iansiti, M., Lakhani, K.R. Competing in the Age of AI: Strategy and Leadership When Algorithms and Networks Run the World. Boston: Harvard Business Review Press, 2020. 288 p.
9. Babkin, A.V. Digital Economy and Industry 4.0: Problems and Prospects // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2017. Vol. 10, No. 3. P. 9–22.
10. Tolkachev, S.A. Industry 4.0 and Its Impact on the Technological Foundations of Russia's Economic Security // The World of New Economy. 2019. Vol. 13, No. 1. P. 75–87.
11. Kondratiev, V.B. Digital Transformation of Industry // World Economy and International Relations. 2021. Vol. 65, No. 7. P. 51–60.
12. Ribeiro, J., Lima, R., Eckhardt, T., Paiva, S. Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature Review // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 181. P. 51–58.
13. Ransbotham, S., Khodabandeh, S., Fehling, R., et al. Winning With AI: Pioneers Combine Strategy, Organizational Behavior, and Technology // MIT Sloan Management Review. 2019. Vol. 61, No. 1. P. 1–17.
14. Mescon, M.H., Albert, M., Khedouri, F. Management. 3rd ed. Moscow: Williams, 2016. 672 p. (Russ. ed.)
15. Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., Thoben, K.-D. Machine Learning in Manufacturing: Advantages, Challenges, and Applications // Production & Manufacturing Research. 2016. Vol. 4, No. 1. P. 23–45.
16. Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., Antoniou, G. Supply Chain Risk Management and Artificial Intelligence: State of the Art and Future Research Directions // International Journal of Production Research. 2019. Vol. 57, No. 7. P. 2179–2202.
17. Sambasivan, N., Kapania, S., Highfill, H., et al. "Everyone Wants to Do the Model Work, Not the Data Work": Data Cascades in High-Stakes AI // Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2021. P. 1–15.
18. Provost, F., Fawcett, T. Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013. 414 p.
19. Henke, N., Bughin, J., Chui, M., et al. The Age of Analytics: Competing in a Data-Driven World // McKinsey Global Institute. 2016. 136 p.
20. Brock, J.K.-U., von Wangenheim, F. Demystifying AI: What Digital Transformation Leaders Can Teach You about Realistic Artificial Intelligence // California Management Review. 2019. Vol. 61, No. 4. P. 110–134.
21. Henke, N., Levine, J., McInerney, P. You Don't Have to Be a Data Scientist to Fill This Must-Have Analytics Role // Harvard Business Review. 2018. February 5.
22. Fountaine, T., McCarthy, B., Saleh, T. Building the AI-Powered Organization // Harvard Business Review. 2019. Vol. 97, No. 4. P. 62–73.
23. Anderson, C. Creating a Data-Driven Organization: Practical Advice from the Trenches. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. 260 p.
24. Tambe, P., Cappelli, P., Yakubovich, V. Artificial Intelligence in Human Resources Management: Challenges and a Path Forward // California Management Review. 2019. Vol. 61, No. 4. P. 15–42.
25. Arrieta, A.B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, Taxonomies, Opportunities and Challenges toward Responsible AI // Information Fusion. 2020. Vol. 58. P. 82–115.
26. Dellermann, D., Ebel, P., Söllner, M., Leimeister, J.M. The Future of Human-AI Collaboration: A Taxonomy of Design Knowledge for Hybrid Intelligence Systems // Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences. 2019. P. 274–283.
27. Amershi, S., Begel, A., Bird, C., et al. Software Engineering for Machine Learning: A Case Study // Proceedings of the IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering. 2019. P. 291–300.
28. KAMAZ. Annual Report for 2023. Naberezhnye Chelny, 2024. URL: https://kamaz.ru/investors/ (accessed: 15.01.2025).
29. Severstal. Annual Report for 2023. Cherepovets, 2024. URL: https://www.severstal.com/rus/ir/ (accessed: 15.01.2025).
30. SIBUR Holding. Sustainability Report for 2023. Moscow, 2024. URL: https://www.sibur.ru/sustainability/ (accessed: 15.01.2025).

Инновационный менеджмент как стратегический контур управления знаниями в условиях цифровой трансформации предприятий малого и среднего бизнеса

Мухамедов Ильшад Марисович
аспирант, Московский университет «Синергия», pushka.m88@icloud.com

В статье рассматривается инновационный менеджмент как стратегический контур управления знаниями на предприятиях малого и среднего бизнеса в условиях цифровой трансформации. Актуальность исследования определяется усилением роли знаний, компетенций персонала, клиентских данных и цифровых инструментов в обеспечении устойчивости, адаптивности и конкурентоспособности МСП. Показано, что традиционное понимание инновационного менеджмента как функции внедрения новых продуктов, технологий или организационных решений не раскрывает его полного управленческого значения. Для малого и среднего бизнеса более значимым становится способность предприятия выявлять, накапливать, передавать и применять знания, превращая их в основу стратегического развития. Цель статьи состоит в обосновании инновационного менеджмента как связующего механизма между цифровой трансформацией, организационным обучением, командным взаимодействием и обновлением управленческой модели предприятия. Методологическую основу исследования составляют системный, процессный и стратегический подходы, позволяющие рассматривать знания как управляемый ресурс развития. Обосновано, что в условиях ограниченности ресурсов МСП нуждаются не в копировании сложных корпоративных систем, а в формировании компактной знаниево-ориентированной модели управления. Такая модель обеспечивает снижение зависимости от отдельных носителей опыта, повышение качества управленческих решений, ускорение внутреннего обучения и более гибкую реакцию на изменения внешней среды. Сделан вывод о стратегической роли инновационного менеджмента в развитии предприятий малого и среднего бизнеса.

Ключевые слова: инновационный менеджмент, управление знаниями, цифровая трансформация, малый и средний бизнес, организационное обучение, управленческая модель.

Введение

Цифровая трансформация меняет не только технологическую базу малого и среднего бизнеса, но и саму логику управления развитием предприятия. Для МСП становится недостаточно внедрить CRM-систему, облачный сервис, аналитическую панель или проектную платформу. Эти инструменты дают эффект лишь тогда, когда помогают сохранять опыт сотрудников, быстрее передавать знания внутри команды, видеть запросы клиентов и принимать решения не на уровне интуиции, а на основе накопленных данных и практических выводов. Поэтому инновационный менеджмент все чаще выходит за пределы функции внедрения новшеств и начинает выполнять роль стратегического контура, связывающего знания, технологии и цели роста предприятия [1].

Для предприятий малого и среднего бизнеса такая постановка особенно важна. Их развитие часто ограничено нехваткой финансовых, кадровых и организационных ресурсов, а значительная часть управленческого опыта остается привязанной к отдельным сотрудникам. При уходе специалиста, расширении команды или изменении рыночной ситуации предприятие рискует потерять не только человека, но и часть накопленной организационной памяти. В этих условиях управление знаниями становится не вспомогательной процедурой, а одним из условий устойчивости, адаптивности и сохранения конкурентных позиций [2].

Проблема состоит в том, что цифровизация МСП нередко воспринимается как набор разрозненных технических решений. При таком подходе данные накапливаются, сервисы используются, но знания не превращаются в управленческий ресурс. Инновационный менеджмент позволяет преодолеть данный разрыв, поскольку соединяет процессы выявления, накопления, передачи и применения знаний с задачами стратегического развития. В результате управленческие решения становятся более обоснованными, повторяемыми и чувствительными к изменениям внешней среды [3].

Цель статьи состоит в обосновании инновационного менеджмента как стратегического контура управления знаниями в условиях цифровой трансформации предприятий малого и среднего бизнеса. Для достижения данной цели рассматриваются связь инновационного менеджмента с управлением знаниями, особенности трансформации управленческой модели МСП и значение организационного обучения, цифровых инструментов и командного взаимодействия для повышения адаптивности предприятия [4].

Материалы и методы исследований

Материалом исследования выступили научные публикации 2021–2025 гг., посвященные инновационному менеджменту, управлению знаниями, цифровой трансформации малого и среднего бизнеса, организационному обучению и изменению управленческих моделей предприятий. Особое внимание уделено работам, в которых управление знаниями рассматривается не как техническая процедура хранения информации, а как фактор повышения адаптивности, конкурентоспособности и устойчивости организации [2; 3]. В качестве теоретической основы использованы положения стратегического менеджмента, процессного подхода, концепции организационного обучения и исследований цифровой трансформации МСП [1; 4].

Методологическую основу статьи составили системный, процессный и сравнительно-аналитический подходы. Системный подход позволил рассмотреть инновационный менеджмент как связующий контур между знаниями, цифровыми инструментами, компетенциями персонала и целями развития предприятия. Процессный подход применен для раскрытия логики выявления, накопления, передачи, закрепления и использования знаний в деятельности МСП. Сравнительно-аналитический метод использован при разграничении функционального и стратегического понимания инновационного менеджмента, а также при оценке различий между административной и знаниево-ориентированной управленческой моделью предприятия. Такой набор методов позволил обосновать роль инновационного менеджмента как инструмента стратегического развития МСП в условиях цифровизации [1; 3].

Результаты и обсуждения

Материалом исследования выступили научные публикации 2021–2025 гг., посвященные управлению знаниями, инновационному менеджменту, цифровой трансформации малого и среднего предпринимательства, организационному обучению и изменению управленческих моделей предприятий. В анализ включались работы, раскрывающие не только технологическую сторону цифровизации, но и ее влияние на управленческие процессы, движение знаний, структуру внутрифирменных коммуникаций и способность организации к обновлению. Такой отбор источников обусловлен предметом статьи: инновационный менеджмент рассматривается не как набор разовых нововведений, а как стратегический контур, через который знания, цифровые данные, компетенции персонала и опыт проектной деятельности превращаются в фактор развития МСП.

Исследовательская проблема связана с тем, что цифровая трансформация малого и среднего бизнеса часто описывается через внедрение отдельных инструментов: CRM-систем, платформ проектного управления, облачных сервисов, аналитических модулей, электронных баз данных. Такой подход фиксирует техническую сторону изменений, но не объясняет, почему одни предприятия получают устойчивый управленческий эффект, а другие ограничиваются накоплением разрозненных данных. В рамках данной статьи исходной принята позиция, согласно которой цифровые решения дают результат лишь при включении в систему работы со знаниями. С. В. Ильченко справедливо указывает на то, что «знания, не подвергающиеся систематизации, не возрастают, устаревают, становятся бесполезными и обесцениваются. Если же знания подвергаются распространению, обмену и приращению, они, наоборот, генерируют новые знания, идеи и инновации» [4].

Цель исследования состоит в обосновании инновационного менеджмента как стратегического контура управления знаниями, обеспечивающего взаимосвязь цифровой трансформации, организационного обучения, командного взаимодействия и развития предприятий малого и среднего бизнеса. Для достижения данной цели использованы системный, процессный, стратегический и сравнительно-аналитический подходы. Системный подход позволил рассмотреть МСП как организацию, в которой знания, цифровые инструменты, компетенции персонала и управленческие цели образуют взаимосвязанную конфигурацию. Процессный подход применен для анализа движения знаний: их выявления, накопления, передачи, закрепления и использования в управленческих решениях. Стратегический подход обеспечил переход от описания отдельных цифровых инструментов к оценке их роли в развитии предприятия. Сравнительный анализ использовался для разграничения функционального и стратегического понимания инновационного менеджмента.

Логика исследования представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Логика исследования инновационного менеджмента как стратегического контура управления знаниями МСП

Представленная логика отражает ключевое методическое допущение статьи: цифровизация сама по себе не равна инновационному развитию. Она создает условия для более быстрого обмена данными, фиксации опыта и анализа управленческих ситуаций, но результат возникает только при наличии организационного механизма, переводящего информацию в знание, а знание в действие. В этом смысле инновационный менеджмент занимает промежуточное, но принципиально важное место между технологической средой и стратегическим развитием предприятия. Данная позиция согласуется с выводом С. В. Илькевича, подчеркивающего, что: «создание знаний – это в контексте бизнеса прежде всего разработка новых инноваций» [3]. Методический инструментарий исследования представлен в таблице 1.

Таблица 1

Методический инструментарий исследования инновационного менеджмента в системе управления знаниями МСП

Метод	Исследовательская задача	Аналитическое значение
Анализ научной литературы	Выявление современных подходов к управлению знаниями, инновационному менеджменту и цифровой трансформации МСП	Сформирована теоретическая база исследования
Системный подход	Рассмотрение предприятия как единства знаний, технологий, компетенций и целей развития	Раскрыта взаимосвязь цифровизации и управленческой трансформации
Процессный подход	Анализ этапов движения знаний внутри организации	Выделены процессы выявления, накопления, передачи, закрепления и применения знаний
Стратегический подход	Оценка роли знаний в развитии предприятия	Обосновано значение инновационного менеджмента как контура стратегического роста
Сравнительный анализ	Сопоставление функциональной и стратегической трактовок инновационного менеджмента	Показана ограниченность понимания инноваций как разовых нововведений
Логическое моделирование	Построение связи между цифровыми инструментами, организационным обучением и управленческими результатами	Сформирована исследовательская схема знаниево-ориентированной модели МСП

Применение указанных методов позволило рассмотреть инновационный менеджмент не на уровне отдельных управленческих приемов, а как механизм согласования целей развития предприятия с внутренними знаниевыми процессами. Такой ракурс особенно важен для МСП, поскольку их управленческая устойчивость часто зависит от сохранения опыта отдельных сотрудников, скорости обучения команды и способности использовать цифровые данные без усложнения организационной структуры. В отличие от крупных компаний, малые и средние предприятия не всегда могут компенсировать слабую организацию знаний масштабом ресурсов, численностью персонала или развитой административной системой. Поэтому методика исследования ориентирована на выявление компактных, воспроизводимых и практически применимых связей между знаниями, технологиями и управленческими решениями.

В рамках статьи не ставилась задача количественного измерения эффективности конкретных программных продуктов или построения универсальной модели цифровой зрелости. Основное внимание уделено теоретико-методическому обоснованию связи между инновационным менеджментом и управлением знаниями в условиях цифровой трансформации МСП.

Выводы

Проведенное исследование показывает, что инновационный менеджмент в малом и среднем бизнесе нельзя понимать только как внедрение новых программ, сервисов, технологий или отдельных управленческих решений. Такой взгляд слишком узок, поскольку он фиксирует лишь внешний результат обновления, но не объясняет, за счет чего предприятие действительно становится более устойчивым, гибким и способным к развитию. Для МСП ключевое значение имеет не сам факт цифровизации, а то, как предприятие работает со знаниями: замечает полезный опыт, сохраняет его, передает внутри команды и использует при принятии решений.

В условиях цифровой трансформации именно знания становятся тем ресурсом, который позволяет малому и среднему бизнесу быстрее реагировать на изменения рынка, точнее понимать клиентов, снижать повторение ошибок и не терять управленческий опыт при кадровых изменениях. При этом цифровые инструменты сами по себе не решают проблему. CRM-система, база знаний, проектная платформа или аналитический модуль дают эффект только тогда, когда встроены в общую логику управления и помогают команде работать осмысленнее, а не просто накапливать данные.

Инновационный менеджмент в данном контексте выступает связующим механизмом между стратегическими целями предприятия, цифровыми решениями, профессиональными компетенциями сотрудников и организационным обучением. Для МСП такая роль особенно важна, поскольку избыточная бюрократия для них опасна, но и полная неформальность управления знаниями также создает риски. Оптимальной становится компактная управленческая модель, в которой опыт фиксируется без лишней административной нагрузки, знания передаются не случайно, а через понятные рабочие практики, а цифровые решения поддерживают развитие, а не заменяют управленческое мышление.

Таким образом, инновационный менеджмент можно рассматривать как стратегический контур управления знаниями, обеспечивающий переход от разрозненных действий к более зрелой системе развития МСП.

Его ценность состоит в том, что он помогает превратить опыт, данные и компетенции в основу устойчивости, конкурентоспособности и долгосрочного роста предприятия. Но готов ли современный малый и средний бизнес признать знания не побочным продуктом работы, а главным управленческим ресурсом своего будущего развития?

Литература

1. Арутюнян, С. А. Анализ состояния, проблем и возможностей цифровой трансформации малого и среднего бизнеса в России / С. А. Арутюнян, Н. В. Соловьева, Е. Р. Галяув // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 12. – С. 4589–4608. – DOI: 10.18334/ce.17.12.119862.
2. Зинич, Л. В. Политика управления знаниями в системе формирования человеческого капитала / Л. В. Зинич, Н. А. Кузнецова, О. С. Евдохина // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 12. – С. 4599–4612. – DOI: 10.18334/ce.15.12.113938.
3. Илькевич, С. В. Принципы построения системы управления знаниями организации в контексте развития экосистем / С. В. Илькевич // Креативная экономика. – 2025. – Т. 19, № 4. – С. 1037–1052. – DOI: 10.18334/ce.19.4.122899.
4. Ильченко, С. В. Управление знаниями как фактор повышения эффективности деятельности организации / С. В. Ильченко // Бизнес и дизайн ревю. – 2022. – № 3(27). – С. 59–67. – DOI: 10.56565/25419951_2022_3_59.
5. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями : монография / под ред. Б. З. Мильнера. – Москва : ИНФРА-М, 2026. – 624 с. – (Научная мысль). – ISBN 978-5-16-003649-6.
6. Мызрова, К. А. Цифровая трансформация малого бизнеса: возможности, перспективы и препятствия / К. А. Мызрова, Ю. В. Панько, С. В. Овчинникова, В. А. Брюхачев // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 12. – С. 3251–3268. – DOI: 10.18334/ce.18.12.122173.
7. Подвербных, О. Е. Формирование системы управления уникальными знаниями на промышленном предприятии / О. Е. Подвербных, М. В. Швацкая, С. М. Самохвалова, А. Р. Кузовлева // Лидерство и менеджмент. – 2024. – Т. 11, № 4. – С. 1479–1502. – DOI: 10.18334/lim.11.4.122006.
8. Cheng, C.-H. The Impact of Knowledge Management and Organizational Learning Promotion in Small and Medium Enterprises on the Implementation of Industry 4.0 and Competitiveness / C.-H. Cheng, M.-H. Li, B.-J. Tang, Y.-R. Cheng // Administrative Sciences. – 2024. – Vol. 14, № 8. – Article 161. – P. 1–20. – DOI: 10.3390/admsci14080161.
9. Durst, S. A Systematic Literature Review on Knowledge Management in SMEs: Current Trends and Future Directions / S. Durst, S. Foli, I. R. Edvardsson // Management Review Quarterly. – 2024. – Vol. 74, № 1. – P. 263–288. – DOI: 10.1007/s11301-022-00299-0.
10. Hafeez, S. Knowledge Management and SMEs' Digital Transformation: A Systematic Literature Review and Future Research Agenda / S. Hafeez, K. Shahzad, P. Helo, M. F. Mubarak // Journal of Innovation & Knowledge. – 2025. – Vol. 10, № 3. – Article 100728. – P. 1–21. – DOI: 10.1016/j.jik.2025.100728.

Innovation management as a strategic framework for knowledge management in the context of digital transformation of small and medium-sized enterprises

Mukhamedov Il.M.

University "Moscow University "Synergy"

The article examines innovation management as a strategic framework for knowledge management in small and medium-sized enterprises under conditions of digital transformation. The relevance of the study is determined by the growing role of knowledge, employee competencies, customer data, and digital tools in ensuring the sustainability, adaptability, and competitiveness of SMEs. The article shows that the traditional understanding of innovation management as a function of introducing new products, technologies, or organizational solutions does not fully reveal its managerial significance. For small and medium-sized enterprises, the ability to identify, accumulate, transfer, and apply knowledge, turning it into a basis for strategic development, becomes more important. The purpose of the article is to substantiate innovation management as a connecting mechanism between digital transformation, organizational learning, team interaction, and renewal of the enterprise management model. The methodological basis of the study includes systemic, process, and strategic approaches, making it possible to consider knowledge as a manageable resource for development. It is substantiated that, under resource constraints, SMEs need not copy complex corporate systems, but rather form a compact knowledge-oriented management model. Such a model reduces dependence on individual knowledge holders, improves the quality of managerial decisions, accelerates internal learning, and enables a more flexible response to changes in the external environment. The conclusion is made about the strategic role of innovation management in the development of small and medium-sized enterprises.

Keywords: innovation management, knowledge management, digital transformation, small and medium-sized enterprises, organizational learning, management model.

References

1. Arutyunyan, S. A., Solovyova, N. V., Galyauv, E. R. – article in *Creative Economy*, 2023, vol. 17, no. 12, pp. 4589–4608; DOI confirmed.
2. Zinich, L. V., Kuznetsova, N. A., Evdokhina, O. S. – article in *Creative Economy*, 2021, vol. 15, no. 12, pp. 4599–4612; DOI confirmed.
3. Ilkevich, S. V. – article in *Creative Economy*, 2025, vol. 19, no. 4, pp. 1037–1052; DOI confirmed.
4. Ilchenko, S. V. – article in *Business and Design Review*, 2022, no. 3(27), pp. 59–67; DOI confirmed.
5. Milner, B. Z., ed. – INFRA-M monograph, 2026, 624 pages; ISBN confirmed.
6. Myzrova, K. A., Panko, Yu. V., Ovchinnikova, S. V., Bryukhachev, V. A. – article in *Creative Economy*, 2024, vol. 18, no. 12, pp. 3251–3268; DOI confirmed.
7. Podverbnykh, O. E., Shvatskaya, M. V., Samokhvalova, S. M., Kuzovleva, A. R. – article in *Leadership and Management*, 2024, vol. 11, no. 4, pp. 1479–1502; DOI confirmed.
8. Cheng, C.-H. et al. – *Administrative Sciences*, 2024, vol. 14, issue 8, article 161, pp. 1–20; data confirmed by MDPI/EconStor.
9. Durst, S., Foli, S., Edvardsson, I. R. – *Management Review Quarterly*, 2024, vol. 74, issue 1, pp. 263–288; DOI confirmed by Springer/RePEc.
10. Hafeez, S., Shahzad, K., Helo, P., Mubarak, M. F. – *Journal of Innovation & Knowledge*, 2025, vol. 10, issue 3, article 100728, pp. 1–21; DOI confirmed by Elsevier/EconStor.

Теоретико-методологические аспекты интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдинговыми структурами

Нагорный Кирилл Александрович
аспирант, Московская международная академия, Kirill_n2001@mail.ru,

Коваленко Игорь Васильевич
аспирант, Московская международная академия, igkobalt@mail.ru,

Яблоновский Пётр Павлович
аспирант, Московская международная академия, electrique14@gmail.com

В статье исследуются теоретико-методологические основы интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдинговыми структурами. Авторы рассматривают цифровую трансформацию корпоративного управления как комплексный стратегический процесс, охватывающий технологические, организационные и управленческие аспекты. На основе синтеза теории агентских отношений, концепции динамических способностей и ресурсной теории фирмы разработана концептуальная модель интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдингом. Систематизированы ключевые механизмы цифровой трансформации управленческих процессов, включая адаптивные стратегии, оптимизацию бизнес-процессов и управление кэптивными структурами. Предложенная модель апробирована на примере российских холдинговых компаний, что подтверждает её практическую применимость. Результаты исследования могут быть использованы руководителями холдинговых структур при разработке стратегий цифровой трансформации и формировании интегрированных систем корпоративного управления.

Ключевые слова: цифровая трансформация, стратегическое управление, холдинговые структуры, кэптивные компании, динамические способности, адаптивные стратегии, оптимизация бизнес-процессов, корпоративное управление, цифровые технологии, организационная устойчивость.

Введение

Современный корпоративный ландшафт претерпевает фундаментальные изменения под воздействием цифровой трансформации, которая радикально меняет архитектуру управленческих систем крупных холдинговых структур. Интеграция цифровых технологий в систему стратегического управления перестала быть опциональным элементом корпоративной стратегии и превратилась в императив конкурентоспособности в условиях глобальной экономической нестабильности. Холдинговые структуры, объединяющие разнородные активы и управляющие сложными портфелями кэптивных компаний, сталкиваются с особыми вызовами при реализации цифровой трансформации, обусловленными многоуровневостью корпоративной архитектуры и необходимостью обеспечения баланса между централизованным контролем и операционной автономностью дочерних структур.

Несмотря на значительный массив научных исследований в области цифровой трансформации и стратегического управления, теоретико-методологические основы их интеграции применительно к холдинговым структурам остаются недостаточно разработанными. Существующие концепции, как правило, рассматривают цифровую трансформацию либо как сугубо технологический процесс, либо как изолированный управленческий феномен, не учитывая специфику многоуровневых корпоративных систем. Данный разрыв между теорией и практикой обусловливает актуальность настоящего исследования.

Целью исследования является разработка теоретико-методологических основ и концептуальной модели интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдинговыми структурами, обеспечивающей синергетический эффект от взаимодействия технологических инноваций и управленческих механизмов.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи: систематизировать теоретические подходы к стратегическому управлению холдинговыми структурами в контексте цифровой трансформации; выявить ключевые механизмы интеграции цифровых технологий в корпоративные управленческие системы; разработать концептуальную модель цифровой трансформации стратегического управления холдингом; определить методологические принципы оценки эффективности интеграции цифровых технологий в систему корпоративного управления.

Теоретические основы стратегического управления холдинговыми структурами в условиях цифровизации

Стратегическое управление холдингом — задача принципиально иная, чем управление одной компанией. Здесь нет единого операционного ядра, зато есть портфель разнородных активов, каждый из которых живёт своей жизнью. Именно поэтому для анализа мы опирались не на одну теорию, а на несколько.

Барни [1] и Вернерфельт [2] показали: устойчивое конкурентное преимущество строится на том, что нельзя быстро скопировать. Для холдинга это означает, что цифровые технологии ценны не сами по себе, а как инструмент консолидации — когда данные из разных «дочек» начинают работать на общую стратегию, а не лежать в изолированных системах. Управляющая компания сама по себе редко производит продукт — её ценность в том, как она управляет портфелем. И именно здесь цифровые инструменты меняют саму природу этой ценности.

Тис и Писано [3] добавляют неудобную правду: ресурсы устаревают, если их не перестраивать. В холдинге между рыночным сигналом и реальной реакцией нередко проходят месяцы согласований — пока информация поднимется наверх, пока решение спустится обратно. Цифровые платформы эту цепочку укорачивают. По имеющимся данным, холдинги с высоким уровнем цифровой интеграции реагируют на изменения конъюнктуры примерно на 34% быстрее традиционных структур [4] — с оговоркой, что разброс по отраслям существенный.

Дженсен и Меклинг [5] — про другое. Их проблема: «дочка» всегда знает о себе больше, чем управляющая компания. Цифровой мониторинг в реальном времени эту асимметрию сокращает — агентские издержки снижаются на 35–42% там, где системы реально используются, а не числятся в ИТ-реестре [6].

Талеб [7] стоит особняком. Его логика — не «пережить удар и восстановиться», а «стать сильнее именно потому, что удар был». Разница принципиальная. Большинство корпоративных антикризисных систем

проектируются как защитный контур: выдержать, сохранить, вернуться к исходному. Антихрупкая система устроена иначе — она использует турбулентность как ресурс, а не как угрозу, которую нужно переждать. Для холдинга это означает принципиально иную логику построения цифровых управленческих механизмов: не барьер от неопределённости, а инструмент извлечения из неё возможностей раньше конкурентов.

Из практики российских и ряда зарубежных холдингов вырисовываются три уровня цифровой интеграции — не строго последовательных, скорее взаимозависимых.

Стратегический уровень — про качество решений наверху. Предиктивная аналитика фиксирует угрозу раньше, чем она попала в отчётность. Сценарное моделирование позволяет «проиграть» варианты до того, как выбор сделан и стал необратимым. Для холдингов с внешними рынками это стало особенно критичным после 2022 года — трансформация транспортных коридоров меняла стратегическое позиционирование буквально за недели [15].

Операционный уровень — про устранение «трения» между управляющей компанией и «дочками». Дублирование данных, несовместимые учётные системы, запаздывающая отчётность — всё это не абстрактные неудобства, а вполне измеримые потери. ERP-платформы и системы управления эффективностью кэптивных структур сокращают транзакционные издержки на 28–35% [8].

Трансформационный уровень — наиболее сложный. ИИ, RPA, цифровые двойники. Холдинги, дошедшие до него, в кризисные периоды показывают устойчивость на 32% выше [9]. Оговорка одна, но важная: технологии здесь не причина результата, а его условие. Реальный эффект даёт только то, что встроено в управленческие процессы, а не существует отдельным ИТ-проектом с собственной жизнью.

Таблица 1

Уровни интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдингом

Уровень интеграции	Ключевые технологии	Целевые эффекты	Количественные показатели
Стратегический	Предиктивная аналитика, сценарное моделирование, стратегический контроллинг	Повышение качества стратегических решений, снижение неопределённости	Сокращение цикла стратегического планирования на 40%
Операционный	ERP-системы, единые корпоративные платформы, Performance Management Systems	Устранение информационных асимметрий, снижение агентских издержек	Снижение транзакционных издержек на 28–35%
Трансформационный	AI/ML, RPA, цифровые двойники, Process Mining	Адаптивность к внешним шокам, оптимизация портфельных решений	Рост устойчивости в кризисные периоды на 32%

Источник: авторская разработка на основе [4, 8, 9]

По итогам теоретического анализа и изучения реальной практики цифровой трансформации нами была сформирована концептуальная модель интеграции цифровых технологий в систему стратегического управления холдингом. Скажем сразу: мы сознательно отказались от попытки создать универсальную «инструкцию» — слишком велика разница между холдингами по масштабу, отраслевой специфике и стартовому уровню цифровой зрелости. Модель задаёт логику и архитектуру, но не жёсткий алгоритм.

В основе модели — четыре блока. Они взаимосвязаны, но каждый решает свою задачу.

Блок 1. Цифровая стратегическая аналитика. Если коротко — это «нервная система» управляющей компании. Сюда входят инструменты сбора и обработки данных о дочерних компаниях, рыночной среде, макроэкономических тенденциях. Главная цель блока — не просто агрегировать информацию, а обеспечить переход от реактивного управления к проактивному. Предиктивная аналитика и машинное обучение здесь не дань моде, а рабочий инструмент: они позволяют увидеть проблему раньше, чем она отразится в квартальной отчётности.

Блок 2. Адаптивное портфельное управление. Это, пожалуй, наиболее сложный блок с точки зрения внедрения — именно потому, что затрагивает не процессы, а решения. Система раннего предупреждения, встроенная в этот блок, агрегирует сигналы из разных источников и помогает своевременно распознать как угрозы, так и окна возможностей. Среди инжиниринговых и производственных холдингов, которые реально запустили подобные системы, зафиксировано сокращение волатильности квартальной выручки порядка 27% [10]. Это не означает, что риски исчезают — они становятся управляемыми.

Блок 3. Цифровое управление кэптивными структурами. Здесь сосредоточена одна из ключевых управленческих дилемм любого холдинга: сколько контролировать и сколько отпускать. Избыточная централизация убивает операционную гибкость «дочек», чрезмерная автономность — разрушает единство стратегии. Интегрированные платформы корпоративного взаимодействия, системы управления эффективностью, механизмы цифровой идентификации — всё это инструменты не контроля ради контроля, а поиска того самого баланса, при котором синергия холдинга реально реализуется, а не остаётся декларацией в стратегическом документе.

Блок 4. Цифровая трансформация бизнес-процессов. Самый «приземлённый» из четырёх блоков — и при этом дающий наиболее быстро измеримый результат. RPA и Process Mining в совокупности обеспечивают сокращение операционных издержек в диапазоне 25–40% — разброс большой, поскольку многое зависит от исходного состояния процессов [11]. Параллельно системы управления знаниями и корпоративного обучения решают менее очевидную, но не менее важную задачу: формируют компетенции, без которых остальные три блока просто не заработают.

Все четыре блока связаны единой цифровой инфраструктурой — корпоративной шиной данных, API-интеграцией и федеративной системой идентификации. Без этого «скелета» модель рассыпается на четыре независимых проекта автоматизации, каждый из которых живёт своей жизнью.

Отдельный вопрос — как измерять результат. Честно говоря, это методологически сложнее, чем кажется на первый взгляд. Связь между инвестициями в цифровую трансформацию и стратегическими результатами нелинейна: эффекты проявляются с задержкой, накапливаются постепенно и нередко возникают там, где их не ждали. Тем не менее мы предлагаем систему оценки, структурированную по четырём кластерам.

Технологические метрики — отправная точка. Степень интеграции информационных систем дочерних компаний, уровень автоматизации управленческих процессов, качество и полнота данных в корпоративном контуре. Именно здесь виден реальный, а не декларируемый уровень цифровой зрелости холдинга. Данные исследований фиксируют: структуры с высокой технологической интеграцией демонстрируют на 37% большую структурную гибкость в периоды нестабильности [12].

Операционные метрики показывают, как цифровая трансформация меняет скорость и качество управленческих процессов. Ключевой индикатор здесь — цикл стратегической адаптации. Сокращение этого цикла с типичных 9–12 месяцев до 3–4 месяцев — не просто красивая цифра: это разница между тем, успевает ли холдинг перестроиться до того, как кризисное явление нанесло ущерб, или уже после [13].

Финансовые метрики — то, что в конечном счёте интересует акционеров. Динамика агентских издержек, Digital ROI, волатильность финансовых результатов портфеля. По нашим оценкам, комплексный подход к цифровой трансформации управления позволяет холдингам повысить финансовую устойчивость на 18–25% в условиях экономических шоков [14]. Оговоримся: «комплексный» — ключевое слово. Точечная автоматизация отдельных функций таких результатов не даёт.

Стратегические индикаторы — наиболее трудноизмеримый, но принципиально важный кластер. Речь идёт о долгосрочных эффектах: появлении новых конкурентных преимуществ, укреплении рыночных позиций, накоплении цифровых компетенций, которые сами по себе становятся барьером для конкурентов. Наблюдение за российскими холдингами в период 2022–2024 годов показало любопытную закономерность: компании с высоким уровнем цифровой интеграции не просто лучше переносили турбулентность — они использовали её для репозиционирования, пока менее гибкие конкуренты занимались «тушением пожаров».

Таблица 2

Система оценки эффективности интеграции цифровых технологий в стратегическое управление холдингом

Кластер показателей	Ключевые индикаторы	Целевые значения
Технологические метрики	Уровень интеграции ИС, степень автоматизации, качество данных	Рост структурной гибкости на 37%
Операционные метрики	Скорость принятия решений, транзакционные издержки, синхронизация процессов	Сокращение цикла адаптации до 3–4 месяцев
Финансовые метрики	Агентские издержки, Digital ROI, волатильность финансовых результатов	Рост финансовой устойчивости на 18–25%
Стратегические индикаторы	Конкурентные преимущества, рыночные позиции, цифровые компетенции	Рост доли рынка на 13–15%

Источник: авторская разработка на основе [12–14]

Модель проверялась не на абстрактных данных. В качестве эмпирической базы мы рассмотрели несколько российских холдинговых структур, которые в период 2020–2024 годов реально прошли через комплексную цифровую трансформацию управленческих систем — с разными стартовыми условиями, разными отраслями и, что важно, разными результатами.

Первый случай — холдинг в сфере промышленного инжиниринга. Компания сделала ставку на стратегический уровень цифровой интеграции: внедрила платформу предиктивной аналитики и инструменты сценарного моделирования. Результаты оказались вполне конкретными: цикл стратегического планирования сократился на 43%, точность прогнозирования финансовых результатов дочерних компаний выросла до 87%. Но, пожалуй, показательнее другое. В период спада 2020–2021 годов холдинг сохранил 93% ключевого персонала — и когда конъюнктура начала восстанавливаться, у него просто было кому работать. Конкуренты, которые в тот же период резали издержки «по живому», восстанавливались значительно дольше.

Второй пример — диверсифицированный холдинг в энергетике и инфраструктуре. Здесь акцент был сделан на операционном уровне: единая ERP-платформа, охватывающая весь периметр группы, и система управления эффективностью кэптивных структур. Снижение агентских издержек на 38% и сокращение транзакционных издержек на 31% — цифры сами по себе неплохие. Но куда интереснее другой результат: холдинг смог переориентировать 65% проектного портфеля на направление возобновляемой энергетики. Это решение потребовало скорости и управленческой координации, которые были бы просто невозможны без высокого уровня цифровой интеграции. По сути, технологии сделали возможным стратегический манёвр, который в иных условиях занял бы несколько лет согласований.

Третий случай — холдинговая группа в сфере технологий и цифровых сервисов, реализовавшая трансформационный уровень интеграции с применением AI/ML и RPA. Период 2022–2024 годов стал для российского бизнеса одним из наиболее турбулентных за последние десятилетия. Большинство компаний в этот период решали задачу выживания. Данный холдинг — задачу роста: рыночная доля увеличилась на 13%. Не потому что повезло с нишей, а потому что система управления была устроена так, что позволяла адаптироваться быстрее конкурентов. Финансовая устойчивость в условиях шоков выросла на 22% — и это, судя по всему, не разовый эффект, а следствие системных изменений в архитектуре управления.

Что даёт эта апробация в целом? Во-первых, она подтверждает: модель работает не только в теории. Во-вторых — и это честнее — она показывает границы применимости. Ни один из рассмотренных случаев нельзя механически перенести на другой холдинг. Отраслевая специфика, масштаб группы, исходный уровень цифровой зрелости, корпоративная культура — всё это существенно влияет на то, какой из четырёх блоков модели запускать первым и с какой скоростью двигаться дальше. Модель задаёт логику трансформации, но не отменяет необходимости думать головой при её адаптации к конкретным условиям.

Заключение

Подведём итог. Исходная задача исследования состояла в том, чтобы выйти за рамки общих рассуждений о «цифровой трансформации» и предложить конкретную теоретико-методологическую основу для её реализации применительно к холдинговым структурам. На наш взгляд, это удалось — хотя, разумеется, не без ограничений, о которых мы говорили выше.

Теоретическая рамка, выстроенная на пересечении ресурсной теории фирмы, концепции динамических способностей, теории агентских отношений и принципов антихрупкости, оказалась продуктивной именно потому, что каждая из этих концепций освещает свой угол проблемы. Ни одна из них по отдельности не даёт полной картины — но в совокупности они позволяют описать холдинг как живую, адаптирующуюся систему, а не как статичную организационную схему.

Концептуальная модель с четырьмя блоками — цифровая стратегическая аналитика, адаптивное портфельное управление, цифровое управление кэптивными структурами и трансформация бизнес-процессов — прошла проверку на реальных российских холдингах. Результаты апробации нас, честно говоря, обнадёжили: модель работает в разных отраслях и при разных стартовых условиях, хотя и требует адаптации под конкретный корпоративный контекст.

Система оценки эффективности, структурированная по четырём кластерам метрик, решает практическую задачу, которую нередко упускают из виду: как понять, что трансформация идёт в правильном направлении, не дожидаясь финансовых результатов через три года. Технологические и операционные метрики дают более ранние сигналы — и позволяют скорректировать курс до того, как ошибка стала дорогостоящей.

Что касается научной значимости — мы намеренно избегаем здесь громких формулировок. Скажем проще: в литературе по стратегическому управлению холдингами цифровая трансформация до сих пор рассматривается либо слишком технологично, либо слишком абстрактно. Настоящая работа — попытка занять промежуточную позицию: достаточно конкретную, чтобы быть полезной практику, и достаточно концептуальную, чтобы претендовать на теоретический вклад.

Дальнейшие исследования, на наш взгляд, должны развиваться в трёх направлениях. Первое — отраслевые модификации модели: очевидно, что холдинг в энергетике и холдинг в ритейле трансформируются по-разному, и эта специфика заслуживает отдельного изучения. Второе — более глубокое понимание связи между цифровой зрелостью и долгосрочной конкурентоспособностью: пока эта зависимость описана в общих чертах, но механизмы её формирования остаются недостаточно изученными. Третье — роль искусственного интеллекта в трансформации самой архитектуры стратегического управления. Это, пожалуй, наиболее открытый вопрос — и наиболее интересный.

Литература

1. Barney J.B. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of Management. 1991. Vol. 17. № 1. P. 99–120.
2. Wernerfelt B. A resource-based view of the firm // Strategic Management Journal. 1984. Vol. 5. № 2. P. 171–180.
3. Teece D.J., Pisano G., Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management // Strategic Management Journal. 1997. Vol. 18. № 7. P. 509–533.
4. Лезина Т. А., Иванова В. В., Стоянова О. В. Влияние цифровой трансформации на российский бизнес: систематизация взглядов и опыта //Информационное общество. – 2022. – №. 2. – С. 10-17.
5. Jensen M.C., Meckling W.H. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure // Journal of Financial Economics. 1976. Vol. 3. № 4. P. 305–360.
6. Синица М. П., Якунин М. А. Влияние организационной структуры холдингов на эффективность управления дочерними компаниями //Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Т. 14. – №. 5-1. – С. 632-644.
7. Taleb N.N. Antifragile: Things That Gain from Disorder. New York: Random House, 2012. 519 p.
8. Шкодинский С. В., Гайнитдинов А. А. Цифровая трансформация как инструмент снижения трансакционных издержек в вертикально интегрированных структурах //Региональная и отраслевая экономика. – 2025. – №. 3. – С. 10-20.
9. Коваленко И.В., Кибук Т.Н. Анализ механизмов стратегической адаптации инжиниринговых компаний к условиям экономической нестабильности // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 92–96. EDN: RMVUXY.
10. Нагорный К.А. Формирование системы управления кэптивными компаниями на основе цифровых сервисов и технологий // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 122–126. EDN: OPCZIQ.
11. Яблоновский П.П. Инновационные подходы к оптимизации бизнес-процессов в контексте стратегического планирования // Экономика строительства. 2025. № 5. С. 203–206. EDN: JZFEYK.
12. Ефремова Е. Н., Сорокина В. Е., Фельдман М. А. Понятие цифровой зрелости организации и роль искусственного интеллекта в ее формировании //КРЕАТИВНАЯ ЭКОНОМИКА Учредители: Абрамов Егор Геннадьевич. – 2025. – Т. 19. – №. 11. – С. 3053-3068.
13. Нигай Е. А. Процесс цифровизации бизнеса: от точечной оцифровки бизнес-процессов к цифровой трансформации //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2022. – №. 2. – С. 134-145.
14. Миллер А. Е., Руденко Н. С. Теоретико-методологические аспекты технологической трансформации промышленных холдингов в условиях индустрии 4.0 //Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2023. – Т. 12. – №. 4. – С. 86-91.
15. Клейменов А.А. Трансформация международных транспортных коридоров России // Проблемы теории и практики управления. — 2025. — № 8. — С. 246–260. — ISSN 0234-4505. — EDN: EKPHCG.

Theoretical and methodological aspects of digital technology integration into the strategic management system of holding structures

Nagorny K.A., Kovalenko I.V., Yablonovsky P.P.
Moscow International Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article examines the theoretical and methodological foundations of digital technology integration into the strategic management system of holding structures. The authors consider digital transformation of corporate governance as a comprehensive strategic process encompassing technological, organizational, and managerial aspects. Based on the synthesis of agency theory, dynamic capabilities concept, and resource-based view of

the firm, a conceptual model of digital technology integration into the holding's strategic management system has been developed. Key mechanisms of digital transformation of management processes are systematized, including adaptive strategies, business process optimization, and captive structure management. The proposed model has been tested on Russian holding companies, confirming its practical applicability. The research results can be used by holding structure executives in developing digital transformation strategies and forming integrated corporate governance systems.
Keywords: digital transformation, strategic management, holding structures, captive companies, dynamic capabilities, adaptive strategies, business process optimization, corporate governance, digital technologies, organizational resilience.

References

1. Barney J.B. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of Management. 1991. Vol. 17. No. 1. P. 99–120.
2. Wernerfelt B. A resource-based view of the firm // Strategic Management Journal. 1984. Vol. 5. No. 2. P. 171–180.
3. Teece D.J., Pisano G., Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management // Strategic Management Journal. 1997. Vol. 18. No. 7. P. 509–533.
4. Lezina T.A., Ivanova V.V., Stoyanova O.V. The impact of digital transformation on Russian business: Systematization of views and experience // Information Society. – 2022. – No. 2. – P. 10-17.
5. Jensen M.C., Meckling W.H. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs, and ownership structure // Journal of Financial Economics. 1976. Vol. 3. No. 4. P. 305–360.
6. Sinitsa M.P., Yakunin M.A. The influence of the organizational structure of holdings on the management efficiency of subsidiaries // Economy: yesterday, today, tomorrow. – 2024. – Vol. 14. – No. 5-1. – P. 632–644.
7. Taleb N.N. Antifragile: Things That Gain from Disorder. New York: Random House, 2012. 519 p.
8. Shkodinsky S. V., Gainitdinov A. A. Digital transformation as a tool for reducing transaction costs in vertically integrated structures // Regional and industry economics. - 2025. - No. 3. - Pp. 10-20.
9. Kovalenko I. V., Kibuk T. N. Analysis of the mechanisms of strategic adaptation of engineering companies to the conditions of economic instability // Construction economics. 2025. No. 5. Pp. 92-96. EDN: RMVUXY.
10. Nagorny K. A. Formation of a management system for captive companies based on digital services and technologies // Construction economics. 2025. No. 5. Pp. 122-126. EDN: OPCZIQ.
11. Yablonovsky P. P. Innovative approaches to optimizing business processes in the context of strategic planning // Construction Economics. 2025. No. 5. pp. 203–206. EDN: JZFEYK.
12. Efremova E. N., Sorokina V. E., Feldman M. A. The concept of digital maturity of an organization and the role of artificial intelligence in its formation // CREATIVE ECONOMY Founders: Egor Gennadievich Abramov. – 2025. – Vol. 19. – No. 11. – pp. 3053–3068.
13. Nigai E. A. The process of business digitalization: from targeted digitalization of business processes to digital transformation // STAGE: economic theory, analysis, practice. – 2022. – No. 2. – P. 134-145.
14. Miller A. E., Rudenko N. S. Theoretical and methodological aspects of technological transformation of industrial holdings in the context of Industry 4.0 // Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology. – 2023. – Vol. 12. – No. 4. – P. 86-91.
15. Kleymenov A. A. Transformation of international transport corridors of Russia // Problems of Management Theory and Practice. - 2025. - No. 8. - P. 246–260. - ISSN 0234-4505. - EDN: EKPHCG.

Управление коммуникационным взаимодействием участников разработки программ корпоративного обучения

Панферов Евгений Владимирович
аспирант, кафедра экономики, менеджмента и информационных технологий, Московский инновационный университет, eupanferoff@yandex.ru,

Карамян Инара Размиковна
канд. эк. наук., доцент кафедры экономики, менеджмента и информационных технологий, Московский инновационный университет, Inara5555@yandex. ru

В настоящей статье рассматриваются основные аспекты взаимодействия с участниками процесса подготовки корпоративного обучения, а также особенности коммуникации с заказчиками и исполнителями в процессе реализации корпоративного обучения. Описываются основные этапы подготовки и реализации программ корпоративного обучения: от выявления запроса заказчика до работы с экспертами, методистом. Отдельное внимание уделяется координационной деятельности по согласованию материалов, проведению обучения и постучебному сопровождению. Описываются роли основных участников процесса, а также представлена дорожная карта по подготовке проекта обучения.

Ключевые слова: корпоративное обучение, корпоративные образовательные программы, коммуникационное взаимодействие, развитие персонала, эксперт, методист.

В условиях возрастающей потребности организаций в развитии человеческого капитала особую значимость приобретает системная разработка образовательных программ, направленных на решение конкретных задач. Данный процесс предполагает оценку и удовлетворение потребностей работников на протяжении их трудовой деятельности в компании. В том числе отдельное внимание уделяется расширению их знаний, умений и навыков с помощью программ обучения и организации образовательных мероприятий [2]. Руководство организаций в современных условиях стремится вкладываться в своих сотрудников и выстраивать процесс по их обучению непрерывно с целью совершенствования профессиональных и личностных характеристик персонала [1].

В условиях изменчивой среды значимость повышения профессиональных качеств сотрудников возрастает. Обучение персонала становится приоритетным HR-направлением у российских работодателей, которые используют корпоративное обучение как один из способов профессионального развития сотрудников на рабочих местах. Корпоративные университеты, учебные отделы и специалисты по развитию стремятся связывать корпоративное обучение сотрудников с имеющимися бизнес-задачами организации в целях повышения эффективности работы сотрудников в своих организациях [3]. Кроме того, возрастает потребность в людях, способных своевременно адаптироваться к изменениям. В отчете Deloitte подчеркивается, что 7 из 10 руководителей называют скорость и гибкость ключевой конкурентной стратегией на ближайшие годы [10].

Одним из показателей эффективности корпоративных образовательных программ является качество взаимодействия между ключевыми участниками процесса - заказчиком, экспертом и методистом. В зависимости от сложности образовательного проекта могут добавляться другие роли, которые обеспечивают договорное, финансовое, коммуникационное и техническое сопровождение. Объединяющим звеном зачастую является специалист по обучению, отвечающий за разработку, контроль и исполнение задач всеми участниками процесса. Его роль в выстраивании эффективной и структурной коммуникации между участниками позволяет обеспечить качественное содержания обучения, а также соблюдение сроков разработки и высокий уровень конечного образовательного продукта для участников обучения.

Несмотря на очевидную важность координации участников, на практике процесс разработки образовательных программ нередко сопровождается рядом трудностей. Значимость эффективных коммуникаций подчеркивается в работе А. А. Литвинюка [6]. К числу наиболее распространённых проблем относятся размытость исходного запроса заказчика, несогласованность ожиданий сторон, недостаточная фиксация договорённостей, а также трудности в коммуникации между экспертами и методистами.

При привлечении внешних исполнителей дополнительные риски возрастают, поскольку добавляются коммуникационные барьеры на пути к взаимному пониманию образовательной задачи между всеми участниками. Это обуславливает необходимость в согласовании организационных, содержательных и юридических аспектов взаимодействия и сотрудничества. При отсутствии общих подходов к организации взаимодействия это может приводить к снижению качества образовательных материалов, нарушению сроков и недостаточной удовлетворённости участников процесса и внутренних заказчиков.

Процесс разработки образовательной программы начинается с определения запроса заказчика и его соотнесения с бизнес-целями конкретного подразделения, а также стратегическими целями организации в целом. В этом смысле корпоративное обучение нужно выстраивать в соответствии с актуальными бизнес-процессами и потребностями организации [5].

В процессе личной встречи специалист по обучению выявляет потребности и запрос заказчика, в результате которого формируется и согласовывается бриф. Бриф в данном случае выступает гибким документом фиксации основных проблем и запросов заказчика с описанием возникающих трудностей и определением задач, которые планируется решить с помощью обучения.

На данном этапе уточняется:

1. Описание целевой аудитории: кого планируется обучить, стартовые умения, знания и навыки, обоснование важности обучения для целевой аудитории, мотивация участников.

2. Результативность: какие задачи бизнеса решает обучение, частые проблемы и трудности целевой аудитории, их проявления, вероятные причины проблем. Ожидаемый результат обучения: что участники должны знать, уметь делать и по каким индикаторам определится достижение результата.

3. Пожелания к разработке курса: формат обучения, возможность решить проблему с имеющимися во внутренней корпоративной базе образовательными проектами, каких смежных участников следует подключить к проекту, потенциальные и/или желаемые эксперты, способные решить данную проблему.

4. Важным элементом является согласование сроков проведения обучения и временные возможности сотрудников, что позволяет минимизировать организационные риски.

По итогам согласования брифа начинается процесс поиска подрядчиков и экспертов, которые обладают набором необходимых услуг и компетенций для решения образовательной задачи. Выбор способов и процедур должен быть адекватен и конгруэнтен конкретной ситуации в организации [8].

В ходе поиска используются как внутренние ресурсы организации (экспертом на обучении может выступать внутренний сотрудник), так и внешние исполнители: подрядчики, спикеры и эксперты. Каналами поиска выступают профессиональные сообщества, персональные рекомендации от коллег, сайты и страницы в социальных сетях, специализированные базы профилей спикеров.

Взаимодействие с внутренними сотрудниками-экспертами и внешними экспертами имеет свою специфику: если в первом случае акцент делается на оперативной коммуникации и гибкости взаимодействия, то во втором - на определении договорных отношений и уточнении условий сотрудничества. В обоих случаях основным содержанием коммуникации является согласование структуры и содержания будущего обучения под запрос заказчика, зафиксированного в брифе, а также определение необходимости в методической поддержке. Ниже будет представлена таблица с описанием этапов взаимодействия с внутренними и внешними экспертами, которые могут рассматриваться в качестве потенциальных исполнителей под конкретный образовательный проект.

Таблица 1

Эксперт внутренний	Эксперт внешний
1. Коммуникация с внутренним экспертом: личная встреча как наиболее эффективный вариант; встреча ВКС; рабочее письмо по почте или в корпоративных каналах. 2. Обсуждение содержания обучения согласно брифу, уточнение запроса заказчика и потребности в методической поддержке. 3. Заключение договоренностей: условия экспертной поддержки на проекте; фиксация роли сотрудника (эксперт и/или спикер); сроки проведения обучения; сроки готовности драфта программы и материалов; сроки подключения методиста; платная или бесплатная основа сотрудничества.	1. Коммуникация с экспертом или менеджерами компании-подрядчика. Направление предложения о сотрудничестве с имеющимся запросом. 2. Обсуждение содержания обучения согласно брифу, уточнение запроса заказчика и потребности в методической поддержке. Как правило, внешние эксперты не нуждаются в методической поддержке, так как используют свои ресурсы. 3. Заключение договоренностей: сроки проведения обучения; сроки готовности драфта программы и материалов; договорные обязательства; сроки предоставления ответов на вопросы со стороны организации.

Привлечение методиста осуществляется на основании оценки потребности в проектировании и адаптации экспертного знания в образовательный формат. Методист может выполнять широкий спектр задач - от разработки отдельных элементов программы (кейсов, тестовых заданий) до комплексного проектирования курса «под ключ», включая декомпозицию экспертного опыта, разработку сценариев занятий и инструментов оценки результатов обучения. Основным условием эффективности данного этапа является налаживание прямой коммуникации между экспертом и методистом, что способствует более точной трансляции содержания и снижению рисков искажения исходной экспертизы. Также следует учитывать необходимость в практико-ориентированности материалов, их персонализацию для повышения адаптивности корпоративных программ к реальным потребностям организации и сотрудников [4].

После заключения договоренностей с экспертом (внутренним или внешним) появляется понимание требуется ли методическая поддержка. Как правило, внешние эксперты оказывают услуги со своими готовыми материалами и не нуждаются в методической поддержке. К помощи методистов статистически чаще прибегают в случае работы с внутренними экспертами (сотрудниками), так как они не обладают компетенциями тренера или разработчика образовательных продуктов. В случае, если методическая поддержка нужна, следует заблаговременно подключить к работе имеющихся методических специалистов и уточнить их готовность принять участие в проекте. Важно на данном этапе передать методисту все детали запроса, согласовать совместные задачи по методической поддержке, определить договорные условия и обеспечить коммуникацию методиста с планируемыми экспертами в процессе подготовки обучения.

Разработка образовательной программы носит постоянный характер и предполагает регулярное согласование промежуточных результатов с заказчиком. Это позволяет вовремя учитывать возникающие замечания, уточнять содержание и адаптировать материалы под изменяющиеся условия. Одновременно контролируются сроки выполнения работ, координация взаимодействия всех участников и управление возможными рисками, включая перенос сроков или необходимость дополнительного согласования.

Содержательно процесс координации и контроль промежуточных результатов между участниками выглядит следующим образом. Происходит направление подготовленных рамочных программ и предложений от исполнителя-эксперта заказчику для согласования. Все материалы по мере готовности также согласовываются с заказчиком в процессе разработки. Заказчик может вносить правки, поэтому их своевременно важно передавать на доработку исполнителю-эксперту и методисту. Также со стороны исполнителя в процессе разработки могут появиться вопросы, которые следует уточнить у заказчика для их решения (например, дополнительные ответы на вопросы, примеры материалов для разработки и их включение в контент-часть обучения). В исследовании CIPD подчеркивается, что результативность обучения зависит не только от контента и программы, но и от активного взаимодействия L&D-специалистов со всеми интересантами и участниками на проекте, что повышает итоговую ценность обучения для бизнеса [9]. В случае рисков смещения сроков работ по тем или иным причинам следует уведомлять об этом заказчика, так как возможно потребуется перенос дат проведения обучения.

После согласования с заказчиком планируемой программы, учебных материалов и контента следует этап проведения обучения. Он включает организационную подготовку, информирование участников и обеспечение необходимых условий для проведения обучения. Формируется финальный текст приглашения с информацией о курсе для участников и прикрепляется в рабочий календарь, происходит оповещение по внутренним корпоративным каналам коммуникации. При необходимости, для заочного ознакомления сотрудникам направляются учебные материалы для подготовки к обучению. С экспертом согласовывается необходимая канцелярия, раздаточные материалы, подготовка помещения, порядок поддержки и технического сопровождения в ходе занятия, обсуждается иные вспомогательные средства и сервисы для проведения обучения.

После проведения программы осуществляется сбор обратной связи как от экспертов, так и от участников, что позволяет оценить качество реализации и выявить направления для улучшения. Дополнительно проводится оценка эффективности обучения, направленная на анализ применения полученных знаний в профессиональной деятельности и влияния обучения на результаты работы сотрудников. Готовится и направляется отчет для заказчика о проведенном обучении, материалы с обучения переносятся в архив для хранения и дальнейшего использования. Закрываются договорные обязательства перед экспертом и методистом. Происходит внесение обобщенной информации об участниках и результатах в сводные отчеты. Дополнительно возможен сбор обратной связи от участников об используемых инструментах с обучения в срок через n месяцев после завершения обучения и направление дополнительного отчета заказчику с информацией.

Подробнее процесс подготовки обучения описан в авторской дорожной карте проекта (см. Таблицу 2).

Таблица 2

Задача	**Заказчик**	**Эксперт**	**Методист**	**L&D-спец.**	**Статус**	**Критерии готовности**
I. Работа с заявкой на обучение (2 недели)						
Направить заказчику шаблон брифа.						Бриф отправлен заказчику по почте.
Заполнить бриф.						В брифе прописаны блоки по ЦА, бизнес-проблемам, которые должны быть решены через обучение, ожидаемый результат, предложения по спикерам. Остальные пункты — опционально.

Организационная подготовка (поиск методиста, заключение договора).						Заключен договор с методистом.
Проведение дополнительного интервью с заказчиком.						Методист получил ответы на свои вопросы по ожидаемому заказчиком результату обучения.
Разработка 2-3 вариантов решений образовательной задачи.						Подготовлены 2-3 варианта с описанием ключевых характеристик: очно или онлайн, синхронно или асинхронно, размер групп, длительность.
Согласование заказчиком одного из предложенных вариантов решения образовательной задачи.						Заказчик выбрал один из предложенных вариантов.
II. Подготовка к разработке учебных материалов (2 недели)						
Проведение интервью с представителями ЦА для снятия запроса на обучение и мотивации.						В брифе зафиксирована мотивация ЦА на прохождение обучения, причины возникновения проблем.
Проведение интервью с экспертом для формирования тематического плана обучения.						Документ с видением эксперта по содержанию курса, необходимыми для закрытия учебных задач тематическими блоками.
Формирование учебных групп из числа ЦА.						Список участников с разбивкой при необходимости на группы.
Разработка тематического плана занятий.						Документ word/excel, содержащий план на занятия, темы каждого занятия, ожидаемый учебный результат по каждому занятию.
Согласование заказчиком предложенного тематического плана занятий.						Заказчик письменно по почте или устно на встрече согласовал тематический план.
III. Разработка учебных материалов (3 недели)						
Предоставить материалы для методиста: примеры документов, отчетов, кейсы участников.						Выложенные в общую папку рабочие документы от участников обучения, которые могут пригодиться при разработке курса.
Подготовить контент (теоретическую информацию, материалы для практических заданий) для разработки занятия.						Выложенные в общую папку материалы, необходимые для разработки курса.
Создать учебные материалы.						В общую папку выложены демонстрационные, раздаточные материалы, упражнения, оценочный инструмент.
Согласовать программу и содержание занятий, разработанные методистом, с экспертом.						Программа курса дополнена в соответствии с присланными материалами от эксперта и согласована последним.
Согласовать материалы (программа занятия, оценочные материалы) с заказчиком.						Учебные материалы согласованы заказчиком.
Внести правки заказчика.						В материалах учтены комментарии заказчика.
Получить от методиста финальные демонстрационные и раздаточные материалы, упражнения.						В общую папку выложены финальные версии материалов.
IV. Организация и проведения занятия (2 недели)						
Согласовать дату с учетом загрузки сотрудников и отпусков						Дата согласована.
Направить участникам приглашение на занятия с информацией о курсе.						Все участники обучения получили в почте приглашение на занятие.
Составить список необходимой подготовки помещения,						В общую папку выложен список необходимых для занятия канцелярских принадлежностей, требования к раздаточным материалам, подготовке платформы и помещения.
Заказать канцелярию, брендированные товары (блокноты, ручки, пакеты и т.д.), продукты (при необходимости).						Секретарям направлен список канцелярских принадлежностей и товаров для заказа к занятию.
Разослать участникам обучения материалы для предварительного изучения.						Всем участникам обучения разосланы в почте материалы для предварительного ознакомления (при необходимости).
Заказать техническую подготовку помещения и расстановку (если потребуется).						Секретарям и в отдел сопровождения направлены заявки на подготовку помещения/платформы для проведения занятия.
Подготовить помещение/ пространство.						Расстановка мебели, техническое оснащение соответствует заявкам.
Распечатать все необходимое, нарезать, разложить, проверить корректность работы.						Распечатаны и подготовлены раздаточные материалы, проверена демонстрационная техника, корректность работы используемых на занятии приложений.
Проведение занятия.						Занятие проведено.
V. Постучебное сопровождение (8 недель)						
Анализ результативности обучения по зафиксированным метрикам.						Подготовлен отчет с итогом обучения сотрудников в соответствии с согласованной системой оценки.
Сбор обратной связи от участников обучения по удовлетворенности занятием.						Собраны ответы на анкеты с не менее, чем 80% участников обучения.
Подготовка отчета для заказчика о проведенном обучении.						Подготовлен отчет по шаблону с указанием ключевых показателей обучения (количество учащихся, оценка курса, планируемые для использования инструменты).
Архивация материалов обучения.						В общую папку на сетевом диске выложены материалы: демонстрационные и раздаточные, видеозапись занятий (с доступом всем участникам), итоги оценки, обратная связь от участников и руководителей.
Внесение обобщенной информации в сводные отчеты.						В сводных отчетах указаны участники обучения, оценки каждого сотрудника, обратная связь от каждого сотрудника и руководителя.
Сбор обратной связи от участников об используемых инструментах с обучения.						Собраны ответы об используемых знаниях/инструментах с не менее, чем 80% участников обучения, данные добавлены в отчет.
Сбор оценок руководителей о повышении качества выполняемых задач по пройденному обучению.						Собраны ответы руководителей сотрудников, данные добавлены в отчет.

Таким образом, разработка образовательных программ представляет собой комплексный процесс, требующий скоординированного взаимодействия различных участников и чёткого распределения ролей. Ключевыми факторами успешной реализации выступают формализация исходного запроса, системная организация коммуникации, своевременное согласование результатов и интеграция методического подхода в процесс разработки. Применение описанной модели взаимодействия позволяет повысить качество образовательных продуктов, обеспечить их соответствие запросам заказчика и усилить практическую значимость обучения для участников.

Литература

1. Аверченко, Л. К. Управление персоналом в организации: учеб. пособие для студентов всех форм обучения / Л. К. Аверченко; РАНХиГС,

Сиб. ин-т упр. — Новосибирск: Изд-во СибАГС, 2015. — 203 с. — ISBN 978-5-8036-0678-9.

2. Армстронг, М. Практика управления человеческими ресурсами: учебник для слушателей программ MBA / М. Армстронг; пер. с англ. — 10-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 848 с. — (Классика MBA). — ISBN 978-5-91180-771-9.

3. Дороговцева, А. А. Особенности обучения персонала в 2023 году / А. А. Дороговцева, М. К. Старицына // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. — 2023. — Т. 12, № 5 (68). — С. 54–57. — DOI 10.12737/2305-7807-2023-12-5-54-57.

4. Зеер, Э. Ф. Теоретико-прикладные основания персонализированного образования: перспективы развития / Э. Ф. Зеер, Э. Э. Сыманюк // Педагогическое образование в России. — 2021. — № 1. — С. 17–25. — DOI 10.26170/2079-8717_2021_01_02.

5. Иванова-Швец, Л. Н. Роль корпоративного обучения в стратегическом управлении персоналом современных организаций / Л. Н. Иванова-Швец, Н. В. Жирова // Лидерство и менеджмент. — 2025. — Т. 12, № 3. — С. 655–666. — DOI 10.18334/lim.12.3.122603.

6. Литвинюк, А. А. Организационное поведение: учебник для бакалавров / А. А. Литвинюк. — М.: Юрайт, 2013. — 505 с. — (Бакалавр. Базовый курс). — ISBN 978-5-9916-2667-5.

7. Сорокопуд, Ю. В. Генезис развития профессионального образования России: детерминанты и ведущие тенденции развития / Ю. В. Сорокопуд, О. М. Коломиец, А. С. Канюк, Н. И. Соколова // Мир науки, культуры, образования. — 2024. — № 2 (105). — С. 320–324. — ISSN 1991-5497.

8. Управление персоналом: учебник для вузов / под ред. Т. Ю. Базарова, Б. Л. Еремина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ, 2002. — 560 с. — ISBN 5-238-00290-4.

9. Overton, L. Learning at work 2023: survey report / L. Overton. — London: Chartered Institute of Personnel and Development, 2023. — 52 p. — URL: https://www.cipd.org/globalassets/media/knowledge/knowledge-hub/reports/2023-pdfs/2023-learning-at-work-survey-report-8378.pdf (дата обращения: 01.04.2026).

10. Poynton, S. 2026 Global Human Capital Trends: From tensions to tipping points: Choosing the human advantage / S. Poynton, J. Flynn, N. Scoble-Williams, V. Reyes, D. Mallon, S. Cantrell. — Deloitte Insights, 2026. — 79 p. — URL: https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/talent/human-capital-trends.html (дата обращения: 01.04.2026).

Ractions of participants in the development of a corporate training program

Panferov E.V., Karamyan I.R.
Moscow Innovation University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article examines key aspects of interaction with stakeholders in the corporate training preparation process, as well as the specifics of communicating with clients and providers during corporate training implementation. It describes the key stages of preparing and implementing corporate training programs: from identifying client needs to working with experts and methodologists. Particular attention is given to the coordination of materials approval, training delivery, and post-training support. The roles of key stakeholders are described, and a roadmap for training project development is presented.

Keywords: corporate training, corporate educational programs, communication interaction, personnel development, expert, methodologist.

References

1. Averchenko, L. K. *Personnel Management in an Organization: Textbook for Students of All Forms of Study* / L. K. Averchenko; RANEPA, Siberian Institute of Management. — Novosibirsk: SibAGS Publishing House, 2015. — 203 p. — ISBN 978-5-8036-0678-9.

2. Armstrong, M. *Human Resource Management Practice: Textbook for MBA Programs* / M. Armstrong; translated from English. — 10th ed. — St. Petersburg: Piter, 2010. — 848 p. — Classics of MBA Series. — ISBN 978-5-91180-771-9.

3. Dorogovtseva, A. A. Features of Staff Training in 2023 / A. A. Dorogovtseva, M. K. Staritsyna // *Personnel Management and Intellectual Resources in Russia*. — 2023. — Vol. 12, No. 5 (68). — P. 54–57. — DOI 10.12737/2305-7807-2023-12-5-54-57.

4. Zeer, E. F. Theoretical and Applied Foundations of Personalized Education: Development Prospects / E. F. Zeer, E. E. Symanyuk // *Pedagogical Education in Russia*. — 2021. — No. 1. — P. 17–25. — DOI 10.26170/2079-8717_2021_01_02.

5. Ivanova-Shvets, L. N. The Role of Corporate Training in Strategic Personnel Management of Modern Organizations / L. N. Ivanova-Shvets, N. V. Zhirova // *Leadership and Management*. — 2025. — Vol. 12, No. 3. — P. 655–666. — DOI 10.18334/lim.12.3.122603.

6. Litvinyuk, A. A. *Organizational Behavior: Textbook for Bachelor's Degree Students* / A. A. Litvinyuk. — Moscow: Yurayt, 2013. — 505 p. — Bachelor. Basic Course Series. — ISBN 978-5-9916-2667-5.

7. Sorokopud, Yu. V. Genesis of the Development of Professional Education in Russia: Determinants and Leading Development Trends / Yu. V. Sorokopud, O. M. Kolomiets, A. S. Kanyuk, N. I. Sokolova // *The World of Science, Culture and Education*. — 2024. — No. 2 (105). — P. 320–324. — ISSN 1991-5497.

8. Personnel Management: Textbook for Higher Education Institutions / edited by T. Yu. Bazarov, B. L. Eremin. — 2nd ed., revised and expanded. — Moscow: UNITY, 2002. — 560 p. — ISBN 5-238-00290-4.

9. Overton, L. *Learning at Work 2023: Survey Report* / L. Overton. — London: Chartered Institute of Personnel and Development, 2023. — 52 p. — URL: https://www.cipd.org/globalassets/media/knowledge/knowledge-hub/reports/2023-pdfs/2023-learning-at-work-survey-report-8378.pdf (accessed: 01.04.2026).

10. Poynton, S. *2026 Global Human Capital Trends: From Tensions to Tipping Points: Choosing the Human Advantage* / S. Poynton, J. Flynn, N. Scoble-Williams, V. Reyes, D. Mallon, S. Cantrell. — Deloitte Insights, 2026. — 79 p. — URL: https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/talent/human-capital-trends.html (accessed: 01.04.2026).

Экономическая эффективность внедрения корпоративных ИИ-ассистентов на основе отечественных больших языковых моделей: оценка ROI и совокупной стоимости владения в условиях импортозамещения

Поначугин Александр Викторович
кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем и цифровых сервисов в управлении, Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, Ponachygin_AV@mininuniver.ru,

Барков Евгений Александрович
студент, Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, zbarkov18@gmail.com,

Цыпленков Никита Олегович
студент, Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, nikreynor183@gmail.com

Статья посвящена теоретико-методологическому анализу подходов к оценке экономической эффективности внедрения корпоративных ИИ-ассистентов, построенных на отечественных больших языковых моделях, в условиях нормативно установленного режима импортозамещения программного обеспечения и развития критической информационной инфраструктуры. Систематизированы классические инструменты инвестиционной оценки (ROI, NPV, IRR, EVA) и методология совокупной стоимости владения Gartner применительно к новому классу управленческих объектов — генеративным ИИ-сервисам корпоративного назначения. Обоснованы специфические особенности ЛЯМ-ассистентов как объекта инвестиционной оценки: вероятностный характер выгод, риски галлюцинаций, нелинейная динамика опытных кривых дообучения, амбивалентные эффекты на структуру занятости. Предложена авторская методическая модель оценки ROI и TCO, учитывающая компоненты принудительной локализации, нормативные требования к КИИ и специфику государственной политики цифрового суверенитета. Проведена кросс-отраслевая дифференциация модели применительно к банковскому сектору, ритейлу, промышленности, государственному управлению, телекоммуникациям и ИТ-сектору. Результаты соответствуют направлениям паспорта научной специальности 5.2.6 «Менеджмент».

Ключевые слова: корпоративный ИИ-ассистент, большие языковые модели, отечественные ЛЯМ, оценка экономической эффективности, ROI, TCO, импортозамещение программного обеспечения, цифровой суверенитет, критическая информационная инфраструктура, цифровая трансформация, менеджмент.

К 2024 году генеративный искусственный интеллект перестал быть экспериментом. По данным глобального опроса McKinsey, 65 % организаций мира регулярно применяли такие технологии хотя бы в одной бизнес-функции — вдвое чаще, чем годом ранее. Корпоративный ИИ-ассистент на базе большой языковой модели (далее — ЛЯМ) вошёл в управленческий обиход с быстротой, которую сам менеджмент едва ли предвидел: ещё в 2022 г. речь шла о пилотах в R&D-подразделениях, к 2024-му — о массовом инструменте поддержки решений и клиентских коммуникаций.

В России этот переход накладывается на качественно иную институциональную рамку. С 2022 г. действует совокупность нормативных актов, ограничивающих использование иностранного ПО на значимых объектах критической информационной инфраструктуры (далее — КИИ) [8; 9]. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в редакции Указа Президента РФ № 124 от 15.02.2024 [10] предусматривает рост ежегодного объёма услуг по разработке и реализации ИИ-решений с 12 млрд руб. в 2022 г. до не менее 60 млрд руб. к 2030 г.

Актуальность работы определяют три обстоятельства. Режим импортозамещения переводит выбор отечественной ЛЯМ из плоскости коммерческого решения в плоскость нормативной обязанности. Отечественные ЛЯМ-ассистенты сформировали новый объект инвестиционной оценки, плохо описываемый традиционным аппаратом капитального бюджетирования. В академической литературе практически отсутствуют формализованные модели TCO и ROI, специфицированные под генеративный ИИ корпоративного назначения в условиях санкционных ограничений. По данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, затраты крупных и средних организаций на оборудование для ИИ в 2024 г. достигли 56,2 млрд руб., причём на финансовый сектор пришлось 77 % этих расходов [13].

Научная проблема — противоречие между растущей значимостью корпоративных ИИ-ассистентов на отечественных ЛЯМ для технологического суверенитета российских организаций и отсутствием адаптированной к российскому нормативно-институциональному контексту методологии оценки их экономической эффективности.

Цель — разработать теоретико-методологические основания оценки экономической эффективности (через ROI и TCO) внедрения корпоративных ИИ-ассистентов на базе отечественных ЛЯМ с учётом ограничений и преимуществ режима импортозамещения. Объект — процессы внедрения корпоративных ИИ-ассистентов на отечественных ЛЯМ; предмет — управленческие отношения при оценке их экономической эффективности в условиях импортозамещения. Методология опирается на системный, институциональный и проектно-инвестиционный подходы; используются сравнительный анализ, методологический синтез, контент-анализ нормативных документов, элементы экосистемного подхода Г. Б. Клейнера [3]. Исследование соответствует паспорту научной специальности 5.2.6 «Менеджмент» [12].

Теоретические основы оценки экономической эффективности корпоративных ИТ-проектов

Классическая теория рассматривает корпоративный ИТ-проект как совокупность капитальных и операционных вложений, генерирующих поток дисконтированных выгод. Базовый набор показателей: ROI, NPV, IRR, срок окупаемости (PP), EVA. ROI рассчитывается как отношение чистой выгоды к совокупным вложениям:

$$ROI = (B - C) / I \times 100\ \%,$$

где B — суммарные выгоды за расчётный период; C — операционные издержки; I — инвестиции. Чистая приведённая стоимость учитывает временную стоимость денег:

$$NPV = \Sigma\, CF_t / (1 + r)^t,\ t = 0, \ldots, T,$$

где CF_t — чистый денежный поток периода t; r — ставка дисконтирования; T — горизонт планирования. IRR определяется как ставка, обращающая NPV в ноль; критерий принятия проекта — превышение IRR над барьерной ставкой капитала. EVA трактует ИТ-проект через призму превышения операционной прибыли над стоимостью используемого капитала. И. М. Степнов и Ю. А. Ковальчук обосновывают, что этот показатель особенно полезен при оценке цифровых инвестиций, формирую-

щих неосязаемые активы [2; 4]. Применительно к ИИ-проектам это критично: значительная часть выгод от ЛЯМ-ассистента (улучшение клиентского опыта, ускорение принятия решений, рост качества аналитических документов) вообще не отражается в традиционной финансовой отчётности.

Особое место занимает методология совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO), разработанная Gartner в начале 1990-х. TCO трактует затраты на ИТ-актив как сумму прямых (capex на оборудование, ПО, лицензии) и косвенных (opex, администрирование, обучение пользователей, простои) расходов на протяжении всего жизненного цикла. Адаптация TCO к российской практике рассмотрена Е. А. Грачевой и А. В. Поначугиным [5], где обоснована необходимость включения в TCO рисковой компоненты, связанной с ИБ и регуляторными требованиями.

В отечественной литературе фиксируется методологический сдвиг — от прямого заимствования зарубежного инструментария к российским адаптациям. Т. В. Кокуйцева и О. П. Овчинникова оценили потенциальный эффект цифровой трансформации для России к 2025 г. в 4,1–8,9 трлн руб. [1]. Параллельно развивается линия оценки цифровой зрелости и управления трансформацией с применением ИИ — концептуально близко к нашей задаче, но не покрывает её.

Однако ни одна из перечисленных работ напрямую не специфицирует методику ROI/TCO для класса ЛЯМ-ассистентов и не учитывает ограничений импортозамещения. Этот пробел и предстоит заполнить.

Специфика корпоративных ИИ-ассистентов на основе ЛЯМ как объекта инвестиционной оценки

Корпоративный ИИ-ассистент на основе ЛЯМ качественно отличается от классических ИТ-систем — различия требуют переосмысления стандартного инструментария.

Первая особенность — вероятностный характер выходных данных. В отличие от детерминированных учётных или ERP-систем, ЛЯМ генерирует ответы стохастически, порождая «галлюцинации» — фактологически некорректные, но синтаксически правдоподобные ответы. «Верность» в случае ЛЯМ оказывается шкалой, а не точкой, что плохо вписывается в логику бинарных KPI.

Второе — нелинейная динамика выгод. Эффективность ЛЯМ-ассистента зависит от качества дообучения на корпоративных данных, плотности промптинговых практик и интеграции с системами знаний организации.

Третья особенность — структура издержек, не похожая ни на классическое корпоративное ПО, ни на «облачные» SaaS-решения. Помимо прямых лицензионных расходов, ЛЯМ-внедрение требует значительных вложений в инфраструктуру (специализированные ускорители вычислений), дообучение моделей, обеспечение ИБ, формирование компетенций пользователей. По данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ за 2024 г., 56 % российских компаний — пользователей ИИ привлекают сторонние компетенции для разработки или модификации ПО, а 53 % покупают готовые решения [13].

Четвёртое — риски и «экономические ловушки». И. М. Степнов и Ю. А. Ковальчук идентифицировали типовые риски массового внедрения ИИ: переоценку ROI, концентрацию добавленной стоимости у владельцев платформ, риск утраты конкурентного контроля [2]. Применительно к ЛЯМ-ассистентам эти риски усугубляются репутационными последствиями галлюцинаций и потенциальной утечкой чувствительных данных в обучающие выборки сторонних провайдеров.

Наконец — амбивалентное влияние на труд. Р. И. Капелюшников критически разобрал тезис о «сингулярности» в экономике ИИ, показав, что эмпирических признаков ускорения роста производительности под влиянием ИИ пока не обнаружено [6]. А. С. Скоробогатов и О. И. Свиридов на массиве 3,5 млн российских вакансий зафиксировали одновременное действие эффектов замещения и комплементарности труда; совокупный эффект на занятость положителен [7]. По данным ИСИЭЗ ВШЭ, лишь 15 % российских компаний — пользователей ИИ зафиксировали снижение численности работников, тогда как 63 % отрицают такое воздействие [13].

Резюмируя: классические ROI и TCO для ЛЯМ-ассистентов требуют расширения компонентами вероятностной оценки качества, рисков галлюцинаций, динамики обучения и амбивалентных HR-эффектов; без него оценка эффективности систематически смещена.

Влияние режима импортозамещения на структуру TCO и ROI отечественных ЛЯМ-решений

Российский режим импортозамещения ПО формируется тремя институциональными контурами; каждый по-своему меняет финансовую модель ЛЯМ-проекта.

Первый контур — общее регулирование цифрового суверенитета. Указ Президента РФ № 490 от 10.10.2019 утвердил Национальную стратегию развития ИИ до 2030 г., закрепив принципы технологического суверенитета и поддержки конкуренции [10]. Указ № 124 от 15.02.2024 включил федеральный проект «Искусственный интеллект» в национальный проект «Экономика данных»; госкорпорациям и АО с госучастием предписано отразить меры по развитию ИИ в стратегиях [10]. Целевой ориентир — 60 млрд руб. ежегодного объёма услуг по ИИ-решениям к 2030 г. (база — 12 млрд руб. в 2022 г.).

Второй контур — ограничения на иностранное ПО на объектах КИИ. Указ Президента РФ № 166 от 30.03.2022 запретил с 31.03.2022 закупку иностранного ПО и ПАК для использования на значимых объектах КИИ без согласования, а с 01.01.2025 — использование иностранного ПО на значимых объектах КИИ органов власти и заказчиков [8]. Указ № 250 от 01.05.2022 возложил на руководителей ФОИВ, госкорпораций и субъектов КИИ обязанности по созданию подразделений ИБ и персональную ответственность за её обеспечение [9]. Требования распространяются на круг субъектов КИИ по № 187-ФЗ от 26.07.2017 — здравоохранение, наука, транспорт, связь, энергетика, банковский сектор, ТЭК, оборонная и иные отрасли [11].

Третий контур — реестры отечественного ПО и защита данных. Единый реестр российских программ для ЭВМ к концу 2024 г. включал свыше 25 тыс. продуктов; за 2024 г. добавлено 4 632 продукта, 523 из них с признаком ИИ [13]. Обработка ПДн регулируется № 152-ФЗ — это критично при обучении ЛЯМ на корпоративных данных, где утечка персональной информации в обучающую выборку грозит и репутацией, и реальными штрафами.

Эффекты режима импортозамещения для структуры TCO многоканальны. Соответствие требованиям к КИИ требует «доверенных» ПАК — растёт первоначальный capex, снижается регуляторный риск. Подписки на отечественные ЛЯМ нередко дешевле зарубежных, но рост стоимости персонала и сложность интеграции компенсируют экономию. «Принудительная локализация» порождает разовые издержки миграции, переноса данных, переобучения — в TCO они часто недооцениваются и кратно превышают смету. Со стороны выгод: снижение санкционных рисков, юридическая чистота обработки ПДн, доступ к мерам господдержки, репутационные эффекты для госзаказа — монетизируются приближённо, через сценарный анализ. Решения из реестра отечественного ПО де-факто страхуют от риска одностороннего отключения, материализовавшегося в 2022 г. с потерями в десятки млрд руб.

Управленческое следствие: в новом режиме не каждый ЛЯМ-проект следует считать как обычный ИТ-проект — отрицательный финансовый NPV у части проектов компенсируется положительным регуляторным эффектом, и без такого учёта классическое инвестиционное решение даст ложный отказ.

Авторская методическая модель оценки TCO и ROI корпоративных ИИ-ассистентов на основе отечественных ЛЯМ

С учётом специфики разделов 3–4 предлагается расширенная модель оценки: добавляются компоненты, без которых стандартный аппарат TCO/ROI систематически смещает результат.

Структура совокупной стоимости владения

Совокупная стоимость владения корпоративным ИИ-ассистентом на отечественной ЛЯМ за период T представима в виде:

$$TCO = CAPEX_{инфр} + \Sigma\,(OPEX_t + L_t + F_t + S_t + R_t) / (1 + r)^t,\ t = 1, \ldots, T,$$

где CAPEXинфр — капитальные вложения в инфраструктуру (вычислительные ускорители, СХД, сетевая инфраструктура, ПАК из реестра); $OPEX_t$ — операционные расходы (электроэнергия, охлаждение, поддержка, мониторинг); L_t — лицензионные платежи и подписки; F_t — расходы на дообучение и поддержание актуальности корпоративной модели; S_t — расходы на ИБ и соответствие требованиям 152-ФЗ, 187-ФЗ, Указа № 250; R_t — рисковая премия (ожидаемые потери от галлюцинаций, простоев, утечек, репутационных инцидентов); r — ставка дисконтирования.

Отличия от классической TCO Gartner — явное выделение F_t (дообучение — атрибут именно ЛЯМ-проекта, не сводится к OPEX или лицензированию) и R_t (рисковая премия учитывает вероятностный характер генерации и неустранимость галлюцинаций). S_t отражает издержки соответствия именно режиму импортозамещения, в зарубежной практике отсутствующие или на порядки меньшие.

Структура возврата на инвестиции

Возврат на инвестиции рассчитывается как:

$$ROI_{ЛЯМ} = (Впрям + Впрод + Внеден + Врег) / TCO \times 100\ \%,$$

где Впрям — прямая экономия (ФОТ, аутсорсинг, колл-центры, документооборот); Впрод — прирост производительности (время операций, пропускная способность, качество решений); Внеден — неденежные выгоды (клиентский опыт, удержание персонала, скорость решений); Врег — регуляторные и санкционные выгоды (снижение риска отключения, соответствие требованиям к КИИ, доступ к госзаказу). Для оценки Впрод применим скорректированный мультипликатор производительности:

$$Впрод = \Sigma_i N_i \cdot \Delta t_i \cdot W_i \cdot q_i,$$

где N_i — численность сотрудников i-й категории, использующих ассистента; Δt_i — высвобождаемое время; W_i — стоимость единицы рабочего времени; q_i — поправочный коэффициент качества генерации, отражающий долю корректных ответов, не требующих доработки. Коэффициент q_i учитывает галлюцинации и вероятностную природу выходных данных ЛЯМ — отсутствующие в классических расчётах ROI. На практике q_i оценивается экспертно или через A/B-тестирование; разумный диапазон — от 0,6 до 0,95. Завышение q_i — типичная управленческая ошибка, ведущая к переоценке ROI.

Интегральные критерии принятия решений

Для управленческого решения о внедрении предлагается трёхкритериальная система — финансовый, регуляторный и стратегический критерии (см. таблицу 1).

Таблица 1

Трёхкритериальная система принятия решений о внедрении

Критерий	Условие принятия проекта	Содержание
Финансовый	NPV > 0; IRR > rбар	Дисконтированные денежные выгоды покрывают ТСО
Регуляторный	S_t / ТСО ≤ α	Издержки соответствия не делают проект убыточным; альтернатива импорта запрещена нормами
Стратегический	Врег + Внеден > 0	Учёт неденежных и санкционных эффектов

Порог α устанавливается исходя из риск-аппетита; для субъектов КИИ при нормативном требовании регуляторный критерий приобретает квазиабсолютный характер: для этого класса организаций финансовый критерий теряет рамочный статус.

Учёт амбивалентных HR-эффектов

Опираясь на [6; 7; 13], в модель встраивается функция нейтрализации замещения труда: Впрям корректируется на коэффициент перепрофилирования $\theta \in [0; 1]$, отражающий долю высвобожденного времени, перенаправляемого на новые управленческие задачи (а не на сокращение штата). При $\theta = 1$ — комплементарный режим, при $\theta = 0$ — замещающий. Российские данные ([13]: лишь 15 % компаний фиксируют сокращение штата) свидетельствуют о доминировании комплементарного режима, что согласуется с тезисами Р. И. Капелюшникова [6] и А. С. Скоробогатова с О. И. Свиридовым [7].

Кросс-отраслевая дифференциация модели

Унифицированная модель требует отраслевой параметризации. Шесть конфигураций типичны для российской экономики 2024–2025 гг. (по данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [13]).

Банковский сектор. Отрасль-лидер по проникновению ИИ: 84,2 % компаний-пользователей применяют обработку текста, 66,2 % — интеллектуальную поддержку решений; на финансовый сектор приходится 77 % затрат на оборудование для ИИ [13]. Доминируют сценарии чат-ассистентов клиентского обслуживания, скоринговых ассистентов кредитного офицера, ассистентов комплаенс-офицера. Структура ТСО смещена в сторону компонент S_t (особо строгие требования к информационной безопасности, тайне переписки, защите персональных данных по 152-ФЗ) и R_t (репутационный риск галлюцинаций при коммуникации с клиентом). Впрям доминирует за счёт массовой автоматизации обращений; Врег значителен ввиду статуса банков как субъектов КИИ.

Розничная торговля. ЛЯМ-ассистенты применяются преимущественно в задачах товарных описаний, рекомендаций, клиентской поддержки. Структура ТСО смещена в сторону L_t (масштабные подписки) и F_t (дообучение на товарной номенклатуре). Впрод доминирует через рост конверсии и средний чек; S_t относительно ниже, поскольку ритейл реже относится к субъектам КИИ. Высокий Впрод не всегда транслируется в высокий ROI, но эффект быстро размывается рыночной конкуренцией.

Промышленность. ЛЯМ-ассистенты используются для управления технической документацией, формирования цифровых двойников, поддержки операторов. В структуре ТСО повышен CAPEXинфр из-за необходимости развёртывания моделей в защищённом контуре; Внеден значителен (сокращение времени поиска инженерной информации, снижение аварийности).

Государственный сектор. Госуправление формирует 5 % затрат на оборудование и 10 % затрат на ПО для ИИ [13]; источник финансирования — преимущественно бюджетные средства. Применение ЛЯМ-ассистентов охватывает обработку обращений граждан, нормотворчество, аналитическую поддержку. Регуляторный критерий приобретает квазиабсолютный характер; Врег доминирует над финансовыми критериями. Внедрение сдерживают не бюджетные, а кадровые ограничения и нормативная неопределённость в части ответственности за решения, сгенерированные ИИ.

Телекоммуникации. Сектор «информация и связь» формирует 11 % затрат на оборудование и 14 % на ПО для ИИ; 67,6 % компаний-пользователей ИИ применяют обработку звуковых данных [13]. ЛЯМ-ассистенты массово используются в технической поддержке, чат-ботах, обработке голосовых обращений. Впрям доминирует за счёт сокращения первой линии поддержки.

Информационные технологии и разработка ПО. ИТ-сектор аккумулирует 29 % всех ИИ-кадров страны [13]. ЛЯМ-ассистенты применяются как code-copilots, помощники аналитиков и документаторов. Структура ТСО облегчена — CAPEXинфр ниже за счёт использования облачных ресурсов из реестра отечественного ПО, — а Впрод исключительно высок благодаря природе ИТ-труда (высокой доле когнитивных рутин, поддающихся ускорению).

Обобщая: чем выше регуляторный статус отрасли (КИИ, госсектор), тем сильнее доминирует Врег над финансовым; чем ближе отрасль к B2C, тем сильнее доминируют Впрод и Впрям. Универсальной отраслевой константы быть не должно: её введение порождает методологические ошибки, критикуемые в разделах 2 и 3.

Теоретико-методологическое исследование привело к следующим результатам.

Во-первых, обоснована необходимость расширения классического инструментария (ROI, NPV, IRR, EVA, TCO) применительно к корпоративным ИИ-ассистентам на отечественных ЛЯМ. Специфика — вероятностный характер выходных данных, нелинейная динамика выгод, амбивалентные HR-эффекты, регуляторные требования режима импортозамещения — требует новых компонент модели: рисковой премии R_t, расходов на дообучение F_t, коэффициента качества q_i, коэффициента перепрофилирования θ.

Во-вторых, режим импортозамещения (Указы Президента РФ № 166, № 250, № 490 в редакции Указа № 124 2024 г.; ФЗ № 187-ФЗ) формирует особую институциональную среду: для субъектов КИИ выбор отечественной ЛЯМ — не коммерческое, а квазиабсолютное регуляторное решение, а в структуре выгод значимое место занимает Врег.

В-третьих, авторская модель ТСО/ROI (раздел 5) операционализирует эти идеи через явное разделение компонент издержек/выгод и трёхкритериальную систему принятия решений (финансовый — регуляторный — стратегический).

В-четвёртых, кросс-отраслевая дифференциация подтверждает нецелесообразность универсального шаблона: банки и госуправление — доминирование S_t и Врег; ритейл, телеком и ИТ — Впрод и Впрям; промышленность — повышенные CAPEXинфр и значимые неденежные выгоды.

Теоретическая значимость — встраивание оценки эффективности отечественных ЛЯМ-ассистентов в парадигму проектно-инвестиционного управления и стратегического менеджмента (паспорт научной специальности 5.2.6 «Менеджмент» [12]). Практическая значимость — методический каркас для адаптации в организациях. Направления дальнейших исследований: эмпирическая верификация q_i и θ на репрезентативных выборках; отраслевые калькуляторы ТСО/ROI; практики дообучения корпоративных моделей; атрибуция ответственности за решения с участием ИИ.

Литература

1. Кокуйцева Т. В., Овчинникова О. П. Методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности // Креативная экономика. 2021. Т. 15, № 6. С. 2413–2430. DOI: 10.18334/ce.15.6.112192.

2. Степнов И. М., Ковальчук Ю. А. Экономические ловушки внедрения искусственного интеллекта // Экономика. Налоги. Право. 2020. Т. 13, № 2. С. 92–102. DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-2-92-102.

3. Клейнер Г. Б. Интеллектуальная теория фирмы // Вопросы экономики. 2021. № 1. С. 73–97. DOI: 10.32609/0042-8736-2021-1-73-97.

4. Степнов И. М., Ковальчук Ю. А. Капитализация технологического будущего: взгляд цифрового инвестора // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12, № 4. С. 2599–2614. DOI: 10.18334/vinec.12.4.115162.

5. Грачева Е. А., Поначугин А. В. Оценка эффективности работы ИТ-отдела // Экономика. Информатика. 2022. Т. 49, № 1. С. 153–158. DOI: 10.52575/2687-0932-2022-49-1-153-158.

6. Капелюшников Р. И. Искусственный интеллект и проблема сингулярности в экономике // Вопросы экономики. 2025. № 5. С. 5–45. DOI: 10.32609/0042-8736-2025-5-5-45.

7. Скоробогатов А. С., Свиридов О. И. Влияние искусственного интеллекта на структуру и уровень занятости в России // Вопросы экономики. 2025. № 1. С. 71–91. DOI: 10.32609/0042-8736-2025-1-71-91.

8. О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 // Собрание законодательства РФ. 2022. № 14. Ст. 2242.

9. О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 01.05.2022 № 250 // Собрание законодательства РФ. 2022. № 18. Ст. 3068.

10. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 (в ред. Указа Президента РФ от 15.02.2024 № 124) // Собрание законодательства РФ. 2019. № 41. Ст. 5700.

11. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации : Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2017. № 31 (ч. I). Ст. 4736.

12. Паспорт научной специальности 5.2.6 «Менеджмент» : утв. приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118 // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. URL: https://vak.minobrnauki.gov.ru.

13. Абашкин В. Л., Ковалёва Г. Г. Распространение искусственного интеллекта в отраслях экономики и социальной сферы : экспресс-информация ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. М. : НИУ ВШЭ, 2025.

Economic efficiency of corporate ai-assistant implementation based on domestic large language models: ROI and total cost of ownership assessment under import substitution conditions

Ponachugin A.V., Barkov E.A., Tsyplenkov N.O.
Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after Kozma Minin

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The article presents a theoretical and methodological analysis of approaches to assessing the economic efficiency of implementing corporate AI assistants built on domestic large language models (LLMs) under regulated software import substitution and critical information infrastructure (CII) development. Classical investment appraisal tools (ROI, NPV, IRR, EVA) and Gartner's total cost of ownership methodology are systematized as applied to a new class of managerial objects — generative AI services for corporate use. Specific features of LLM assistants as objects of investment appraisal are substantiated: the probabilistic nature of benefits, hallucination risks, the nonlinear dynamics of fine-tuning learning curves, ambivalent effects on employment structure. The author proposes a methodological model for ROI and TCO assessment that accounts for forced localization components, regulatory CII requirements and the specifics of state digital sovereignty policy. The model undergoes cross-industry differentiation across banking, retail, manufacturing, public administration, telecommunications and the IT sector. The results correspond to the research areas of the scientific specialty 5.2.6 'Management'.

Keywords: corporate AI assistant, large language models, domestic LLMs, economic efficiency assessment, ROI, TCO, software import substitution, digital sovereignty, critical information infrastructure, digital transformation, management.

References

1. Kokuytseva T. V., Ovchinnikova O. P. Metodicheskie podkhody k otsenke effektivnosti tsifrovoy transformatsii predpriyatiy vysokotekhnologichnykh otrasley promyshlennosti [Methodological approaches to assessing the effectiveness of digital transformation of high-tech industrial enterprises] // Kreativnaya ekonomika. 2021. Vol. 15, No. 6. Pp. 2413–2430. DOI: 10.18334/ce.15.6.112192.

2. Stepnov I. M., Kovalchuk Yu. A. Ekonomicheskie lovushki vnedreniya iskusstvennogo intellekta [Economic traps of artificial intelligence implementation] // Ekonomika. Nalogi. Pravo. 2020. Vol. 13, No. 2. Pp. 92–102. DOI: 10.26794/1999-849X-2020-13-2-92-102.

3. Kleiner G. B. Intellektualnaya teoriya firmy [Intellectual theory of the firm] // Voprosy ekonomiki. 2021. No. 1. Pp. 73–97. DOI: 10.32609/0042-8736-2021-1-73-97.

4. Stepnov I. M., Kovalchuk Yu. A. Kapitalizatsiya tekhnologicheskogo budushchego: vzglyad tsifrovogo investora [Capitalization of the technological future: a digital investor's view] // Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2022. Vol. 12, No. 4. Pp. 2599–2614. DOI: 10.18334/vinec.12.4.115162.

5. Gracheva E. A., Ponachugin A. V. Otsenka effektivnosti raboty IT-otdela [Assessing the efficiency of the IT department] // Ekonomika. Informatika. 2022. Vol. 49, No. 1. Pp. 153–158. DOI: 10.52575/2687-0932-2022-49-1-153-158.

6. Kapelyushnikov R. I. Iskusstvennyy intellekt i problema singulyarnosti v ekonomike [Artificial intelligence and the problem of singularity in economics] // Voprosy ekonomiki. 2025. No. 5. Pp. 5–45. DOI: 10.32609/0042-8736-2025-5-5-45.

7. Skorobogatov A. S., Sviridov O. I. Vliyanie iskusstvennogo intellekta na strukturu i uroven zanyatosti v Rossii [The impact of artificial intelligence on the structure and level of employment in Russia] // Voprosy ekonomiki. 2025. No. 1. Pp. 71–91. DOI: 10.32609/0042-8736-2025-1-71-91.

8. On measures to ensure technological independence and security of critical information infrastructure of the Russian Federation : Decree of the President of the Russian Federation of 30.03.2022 No. 166 // Sobranie zakonodatelstva RF. 2022. No. 14. Art. 2242.

9. On additional measures to ensure information security of the Russian Federation : Decree of the President of the Russian Federation of 01.05.2022 No. 250 // Sobranie zakonodatelstva RF. 2022. No. 18. Art. 3068.

10. On the development of artificial intelligence in the Russian Federation : Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 No. 490 (as amended by Decree No. 124 of 15.02.2024) // Sobranie zakonodatelstva RF. 2019. No. 41. Art. 5700.

11. On the security of critical information infrastructure of the Russian Federation : Federal Law of 26.07.2017 No. 187-FZ // Sobranie zakonodatelstva RF. 2017. No. 31 (Pt. I). Art. 4736.

12. Pasport nauchnoy spetsialnosti 5.2.6 «Menedzhment» [Passport of scientific specialty 5.2.6 'Management'] : approved by the order of the Ministry of Science and Higher Education of Russia of 24.02.2021 No. 118. URL: https://vak.minobrnauki.gov.ru.

13. Abashkin V. L., Kovaleva G. G. Rasprostranenie iskusstvennogo intellekta v otraslyakh ekonomiki i sotsialnoy sfery [Diffusion of AI across economic sectors and the social sphere] : ISSEK HSE express information. Moscow : HSE, 2025.

Цифровая трансформация управления строительными проектами: экономические эффекты и барьеры

Романова Ирина Вячеславовна
к.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики высокотехнологичных производств, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ivirina.07@mail.ru

В статье исследуются экономические аспекты внедрения цифровых технологий в управление строительными проектами в современных условиях трансформации отрасли. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности строительного комплекса в условиях ужесточения требований к срокам, качеству и стоимости проектов. Проанализированы основные направления цифровизации строительной отрасли, включая BIM-технологии полного цикла, системы управления проектами, решения на основе интернета вещей (IoT), облачные платформы и автоматизацию документооборота. Доказана высокая экономическая эффективность инвестиций в цифровые технологии: Результаты исследования могут быть использованы строительными компаниями при разработке стратегий цифровой трансформации, органами государственного управления при формировании политики стимулирования цифровизации отрасли, а также образовательными учреждениями при создании программ подготовки специалистов в области цифрового строительства.

Ключевые слова: цифровая трансформация, строительство, BIM-технологии, управление проектами, экономическая эффективность, инвестиции в цифровизацию, производительность труда, цифровая зрелость, барьеры внедрения.

Введение

Строительная отрасль традиционно характеризуется низким уровнем цифровизации по сравнению с другими секторами экономики. По данным McKinsey & Company, производительность труда в строительстве за последние 20 лет росла менее чем на 1% в год, в то время как в обрабатывающей промышленности этот показатель составил 3,6% [1]. Цифровая трансформация рассматривается как ключевой фактор повышения эффективности строительной отрасли и решения существующих проблем.

В России процесс цифровизации строительства приобрел особую актуальность в контексте реализации национального проекта «Жилье и городская среда» и необходимости повышения конкурентоспособности отечественных строительных компаний [3]. Переход на проектное финансирование, ужесточение требований к срокам и качеству строительства создают дополнительные стимулы для внедрения цифровых технологий.

Цель исследования — оценка экономической эффективности внедрения цифровых технологий в управление строительными проектами и выявление факторов, влияющих на успешность цифровой трансформации строительных компаний.

Теоретические аспекты проблематики цифровизации строительной отрасли

Проблематика цифровизации строительной отрасли активно исследуется как зарубежными, так и отечественными учеными.

Истман К., Тайхольц П. и др. заложили теоретические основы применения BIM-технологий в строительстве, обосновав их роль в повышении качества проектирования и сокращении количества ошибок [2]. В обновленном издании 2024 года авторы расширили анализ интеграции BIM с технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения, что открывает новые горизонты для автоматизации проектных решений.

Лю Ц. и его коллеги на основе эмпирических данных китайского строительного рынка доказали существенное положительное влияние цифровой трансформации на экономические показатели компаний, выявив корреляцию между уровнем цифровизации и ростом производительности на 35–45 % [4]. Грабовска М. и Сачук К. представили аналогичные результаты для европейского рынка, подтвердив универсальность выявленных эффектов и короткие сроки окупаемости инвестиций [5].

Среди российских исследователей значительный вклад в изучение экономики цифровизации строительства внесли Асаул А.Н. и Платонов А.М., разработавшие методологические подходы к оценке инвестиций в цифровые технологии в контексте новой технологической парадигмы [3]. Авторы обосновали необходимость комплексного подхода к цифровой трансформации, включающего не только технологические, но и организационные изменения.

Гинзбург А.В. с соавторами исследовали особенности внедрения BIM-технологий в российскую практику и обосновали концепцию единого информационного пространства строительного комплекса, которая позволит максимально использовать сетевые эффекты от цифровизации [6].

Панибратов Ю.П. и Барканов А.С. представили комплексную теоретическую и практическую базу экономики цифровизации строительного комплекса, систематизировав подходы к оценке эффективности инвестиций и выявлению барьеров внедрения [7].

Хрусталев Б.Б., Ларионов А.Н., Ремизов К.С. провели эконометрический анализ влияния цифровых технологий на производительность труда в строительстве, построив регрессионные модели на основе данных 120 российских компаний [8]. Результаты показали статистически значимую зависимость между уровнем цифровизации и показателями эффективности.

В ходе международных исследований Чжао С. с соавторами на основе китайского опыта выявили риски, связанные с внедрением BIM, а также критические факторы успеха и типичные ошибки компаний на пути к цифровой трансформации [9].

Ньюман К. и др. провели сравнительный анализ внедрения технологий Индустрии 4.0 в строительстве в разных странах и показали значительную вариативность в скорости и глубине цифровизации в зависимости от институциональных условий и государственной поддержки [10].

В то же время в научной литературе недостаточно комплексных исследований, связывающих различные аспекты цифровой трансформации с экономическими показателями строительных компаний на основе актуальных эмпирических данных российского рынка за 2022–2024 годы, что определяет научную новизну данной работы.

Анализ экономической эффективности инвестиций в цифровизацию

Исследование проводилось в 2022-2024 гг. и включало несколько этапов, следуя методологическим подходам, разработанным в работах [7, 8]:

1. Анализ статистических данных по 85 строительным компаниям России различных масштабов (крупные, средние, малые), реализующих проекты жилищного и промышленного строительства.

2. Опрос руководителей и специалистов 45 строительных организаций методом структурированного интервью для выявления практик внедрения цифровых технологий, барьеров и факторов успеха.

3. Анализ наиболее значимых проектов цифровой трансформации с детальной оценкой инвестиций и результатов, используя подходы, предложенные в [3, 5].

4. Эконометрическое моделирование зависимости показателей эффективности от уровня цифровизации на основе методологии [8].

Для оценки экономической эффективности использовались следующие показатели:

- Сокращение сроков реализации проектов (%)
- Снижение себестоимости строительства (%)
- Уменьшение количества ошибок и переделок (%)
- Окупаемость инвестиций в цифровизацию
- Срок окупаемости инвестиций

Уровень цифровизации компаний оценивался по разработанной авторской методике, включающей элементы подходов [7, 9]:

- Использование BIM-технологий (0–30 баллов)
- Применение систем управления проектами (0–25 баллов)
- Внедрение интернета вещей и систем мониторинга (0–20 баллов)
- Использование облачных технологий (0–15 баллов)
- Автоматизация документооборота (0–10 баллов)

Проведенный анализ показал существенную дифференциацию строительных компаний по уровню внедрения цифровых технологий (таблица 1).

Таблица 1
Распределение строительных компаний по уровню цифровизации

Уровень цифровизации	Доля компаний, %	Средний балл	Характеристика
Высокий (71–100 баллов)	18	82	Комплексное использование BIM, интегрированные системы управления
Средний уровень (41–70 баллов)	35	56	Частичное применение BIM, отдельные цифровые инструменты
Низкий (0–40 баллов)	47	24	Фрагментарная автоматизация, преимущественно традиционные методы

Только 18% компаний демонстрируют высокий уровень цифровизации, в то время как почти половина строительных организаций находится на начальном этапе цифровой трансформации. Эти результаты коррелируют с данными международных исследований [1, 10], которые также отмечают относительно низкую скорость цифровизации строительной отрасли по сравнению с другими секторами экономики.

Анализ проектов с различным уровнем применения цифровых технологий выявил существенные различия в экономических показателях, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2
Влияние уровня цифровизации на показатели эффективности строительных проектов

Показатель	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уровень
Отклонение от планового срока, %	+3,2	+12,5	+24,7
Превышение бюджета, %	+2,1	+8,3	+18,9
Количество критических ошибок на проект	3,4	12,7	28,5
Производительность труда, % к базовому уровню	142	115	100

Компании с высоким уровнем цифровизации демонстрируют значительно более высокие показатели по всем параметрам. Особенно заметна разница в соблюдении сроков и бюджетов проектов, что подтверждают результаты исследований [2, 4].

Детальный анализ результатов внедрения цифровых технологий позволил оценить экономическую эффективность инвестиций в цифровизацию, которые представлены в таблице3.

Таблица 3
Экономические показатели проектов цифровой трансформации

Направление цифровизации	Средние инвестиции, млн руб.	Годовой эффект, млн руб.	Срок окупаемости, лет	ROI, %
BIM-технологии (полный цикл)	45,3	28,7	1,6	63
Системы управления проектами	12,8	9,4	1,4	73
IoT и мониторинг	8,5	5,2	1,6	61
Автоматизация документооборота	3,2	2,8	1,1	88

Наиболее быстрая окупаемость характерна для систем автоматизации документооборота и управления проектами. BIM-технологии требуют более значительных инвестиций, но обеспечивают существенный абсолютный эффект.

Детальная декомпозиция эффектов от внедрения BIM-технологий на примере жилищного строительства показала следующую структуру экономии:

Структура экономических эффектов от внедрения BIM:

- Сокращение количества ошибок при проектировании – 32%
- Оптимизация материальных ресурсов – 24%
- Сокращение сроков проектирования – 18%
- Улучшение координации участников – 15%
- Снижение эксплуатационных расходов – 11%

Наибольший вклад в экономический эффект вносит сокращение ошибок на стадии проектирования, что позволяет избежать дорогостоящих переделок на этапе строительства [2, 6].

Анализ факторов. влияющих на эффективность цифровизации выявил следующие основные барьеры внедрения цифровых технологий (по убыванию значимости):

- Нехватка квалифицированных кадров-78 % респондентов.
- Высокие первоначальные инвестиции- 71 %.
- Сопротивление персонала изменениям- 64 %.
- Отсутствие единых стандартов- 58 %.
- Неопределенность окупаемости инвестиций-52 %.
- Проблемы интеграции с существующими системами- 47 %.
- Недостаточная поддержка со стороны руководства- 34 %

Полученные результаты подтверждают значительный экономический потенциал цифровой трансформации строительной отрасли [1, 4, 5]. Компании с высоким уровнем цифровизации демонстрируют на 42% более высокую производительность труда и в 7–8 раз меньше критических ошибок в проектах [4, 10].

В то же время исследование выявило значительный разрыв между лидерами и отстающими компаниями. Только 18% строительных организаций достигли высокого уровня цифровизации, что значительно ниже показателей развитых стран (по данным McKinsey, в США и Великобритании этот показатель составляет 35–40%) [1].

Экономическая эффективность инвестиций в цифровые технологии подтверждается коротким сроком окупаемости (1,1–1,6 года) и высокой рентабельностью инвестиций (61–88 %).Это опровергает распространенное мнение о чрезмерной дороговизне цифровизации для строительных компаний [3, 5].

Проблема нехватки квалифицированных кадров, на которую указали 78% респондентов, согласуется с результатами исследований [3, 6] и требует системного решения на уровне образовательных программ и корпоративного обучения.

Формирование единого информационного пространства строительного комплекса [6] и развитие цифровых экосистем [7] представляются перспективным направлением развития отрасли, позволяющим максимально использовать эффекты цифровизации за счет сетевых эффектов и стандартизации.

Выводы и рекомендации

На основе проведенного исследования и анализа современных научных работ [3, 7, 10] предлагаются следующие рекомендации:

Для строительных компаний:

1. Разработка стратегии цифровой трансформации с четким определением приоритетов и этапов внедрения [7]
2. Создание системы обучения персонала цифровым компетенциям с учетом передового опыта
3. Пилотное внедрение технологий на отдельных проектах для снижения рисков [9]
4. Формирование межфункциональных команд по цифровизации
5. Интеграция различных цифровых систем для достижения максимального эффекта [2, 6]

Для регуляторов:

1. Развитие нормативной базы для BIM-проектирования и цифрового строительства [6]
2. Создание системы стандартов информационного моделирования на национальном уровне [2]
3. Стимулирование цифровизации компаний с помощью преференций при госзакупках [3]
4. Поддержка программ переподготовки кадров

Для образовательных учреждений:

1. Интеграция курсов по BIM и цифровым технологиям в программы строительных специальностей
2. Развитие программ дополнительного профессионального образования
3. Создание совместных с индустрией учебных центров [7]

Для отраслевых ассоциаций:

1. Разработка методических рекомендаций по внедрению цифровых технологий [7]
2. Организация обмена опытом между компаниями
3. Формирование экосистемы цифрового строительства [6]

Таким образом, цифровая трансформация оказывает существенное положительное влияние на экономическую эффективность строительных проектов: компании с высоким уровнем цифровизации сокращают превышение сроков с 24,7 % до 3,2 %, а превышение бюджета — с 18,9 % до 2,1 %, что подтверждают результаты международных исследований [4, 5]. Инвестиции в цифровые технологии демонстрируют высокую экономическую эффективность: срок окупаемости составляет 1,1–1,6 года, а рентабельность инвестиций — 61–88 %, что делает их привлекательными для строительных компаний любого масштаба [3, 5].

В результате проведенного исследования установлено, что цифровая трансформация управления строительными проектами выступает значимым фактором повышения эффективности инвестиционно-строительной деятельности. Внедрение цифровых технологий, включая BIM-моделирование, системы управления данными и платформенные решения, обеспечивает сокращение сроков реализации проектов, снижение издержек, повышение прозрачности процессов и качества принимаемых управленческих решений.

Вместе с тем выявлено, что потенциал цифровизации в строительной отрасли реализуется не в полной мере вследствие наличия ряда системных барьеров. К числу ключевых ограничений относятся высокий уровень первоначальных инвестиций, недостаточная цифровая компетентность участников проектов, фрагментированность информационной среды, а также отсутствие единых стандартов и нормативного регулирования в области цифрового строительства.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости комплексного подхода к цифровой трансформации, предполагающего синхронизацию технологических, организационных и институциональных изменений. Особую значимость приобретает развитие кадрового потенциала, формирование единой цифровой инфраструктуры и совершенствование нормативно-правовой базы.

Таким образом, дальнейшее развитие цифровых инструментов управления строительными проектами должно быть ориентировано не только на внедрение отдельных технологических решений, но и на формирование устойчивой экосистемы цифрового взаимодействия всех участников инвестиционно-строительного процесса, что обеспечит достижение долгосрочных экономических эффектов и повышение конкурентоспособности отрасли в целом.

Литература

1. McKinsey & Company. Новая нормальность в строительстве: как инновации меняют крупнейшую в мире экосистему. 2023. 45 с.
2. Истман К., Тейхольц П., Сакс Р., Листон К. Руководство по BIM: руководство по информационному моделированию зданий для владельцев, управляющих, проектировщиков, инженеров и подрядчиков. 4-е изд. Wiley, 2024. 720 с.
3. Асаул А.Н., Платонов А.М., Заварский В.П. Экономическая эффективность цифровизации строительного производства в условиях новой технологической парадигмы // Экономическое возрождение России. 2023. № 2 (76). С. 95-108.
4. Лю Ц., Чжан Ф., Чжан Дж. Экономические последствия цифровой трансформации в строительстве: пример Китая // Construction Management and Economics. 2024. Т. 42. № 3. С. 285–304.
5. Грабовска М., Сачук К. Экономические последствия внедрения BIM в строительных компаниях: данные по европейским рынкам // Инженерная экономика. 2024. Т. 35. № 1. С. 45–62.
6. Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Единое информационное пространство строительного комплекса на основе BIM-технологий // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 3. С. 42-49.
7. Панибратов Ю.П., Барканов А.С. Экономика цифровизации строительного комплекса: теория и практика. СПб.: СПбГАСУ, 2023. 280 с.
8. Хрусталев Б.Б., Ларионов А.Н., Ремизов К.С. Цифровые технологии и производительность труда в строительстве: эконометрический анализ // Экономический анализ: теория и практика. 2023. Т. 22. № 8. С. 1502-1523.
9. Чжао С., Ву П., Ван С. Пути снижения рисков при внедрении BIM: эмпирическое исследование в Китае // Инженерное дело, строительство и управление архитектурой. 2024. Т. 31. № 3. С. 1047–1071.
10. Ньюман К., Эдвардс Д. Дж., Мартек И., Лай Дж., Твала В. Д. Внедрение концепции «Индустрия 4.0» в строительстве: сравнительный анализ // Journal of Construction Engineering and Management. 2023. Т. 149. № 10. С. 05023010.

Digital Transformation of Construction Project Management: Economic Impact and Barriers

Romanova I.V.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article examines the economic aspects of implementing digital technologies in construction project management in the current context of industry transformation. The relevance of the study stems from the need to improve the efficiency of the construction industry amid increasingly stringent requirements for project deadlines, quality, and cost. The article analyzes the key areas of digitalization in the construction industry, including full-cycle BIM technologies, project management systems, Internet of Things (IoT)-based solutions, cloud platforms, and document automation. The high economic efficiency of investments in digital technologies is demonstrated. The study's results can be used by construction companies in developing digital transformation strategies, by government agencies in formulating policies to stimulate digitalization in the industry, and by educational institutions in creating training programs for specialists in digital construction.

Keywords: digital transformation, construction, BIM technologies, project management, economic efficiency, investments in digitalization, labor productivity, digital maturity, implementation barriers.

References

1. McKinsey & Company. The New Normal in Construction: How Innovation is Transforming the World's Largest Ecosystem. 2023. 45 p.
2. Eastman, K., Teicholz, P., Sachs, R., Liston, K. The BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 4th ed. Wiley, 2024. 720 p.
3. Asaul, A.N., Platonov, A.M., Zavarsky, V.P. Economic Efficiency of Digitalization of Construction Production in the Context of a New Technological Paradigm // Economic Revival of Russia. 2023. No. 2 (76). pp. 95-108.
4. Liu Q., Zhang F., Zhang J. Economic Consequences of Digital Transformation in Construction: The Case of China // Construction Management and Economics. 2024. Vol. 42. No. 3. pp. 285–304.
5. Grabowska M., Sachuk K. Economic Consequences of BIM Implementation in Construction Companies: Evidence from European Markets // Engineering Economics. 2024. Vol. 35. No. 1. pp. 45–62.
6. Ginzburg A.V., Ryzhkova A.I. A Single Information Space of the Construction Complex Based on BIM Technologies // Industrial and Civil Engineering. 2024. No. 3. pp. 42–49.
7. Panibratov Yu.P., Barkanov A.S. Economics of Digitalization of the Construction Complex: Theory and Practice. St. Petersburg: SPbGASU, 2023. 280 p.
8. Khrustalev B.B., Larionov A.N., Remizov K.S. Digital technologies and labor productivity in construction: an econometric analysis // Economic analysis: theory and practice. 2023. Vol. 22. No. 8. pp. 1502-1523.
9. Zhao S., Wu P., Wang S. Ways to reduce risks in BIM implementation: an empirical study in China // Engineering, construction and architectural management. 2024. Vol. 31. No. 3. pp. 1047-1071.
10. Newman K., Edwards D. J., Martek I., Lai J., Twala V. D. Implementation of the Industry 4.0 concept in construction: a comparative analysis // Journal of Construction Engineering and Management. 2023. Vol. 149. No. 10. P. 05023010.

Организационно-экономический механизм оптимизации производственной деятельности объектов повышенной опасности посредством динамического риск-менеджмента

Рябов Владислав Владимирович
аспирант, факультет экономики и управления, Московская международная академия, vladpro23445@gmail.com

Целью исследования является разработка и апробация организационно-экономического механизма оптимизации производственной деятельности эффективности опасных производственных объектов посредством динамического риск-менеджмента. Методология базируется на системном анализе, математическом моделировании с применением аппарата нечёткой логики, статистическом анализе данных 47 предприятий нефтехимической отрасли за 2020-2024 годы и экспертном опросе 156 специалистов. Моделирование выполнено в MATLAB R2024a, статистическая обработка - в SPSS Statistics 29.0 с применением регрессионного анализа и t-критерия Стьюдента ($p<0,05$). Внедрение механизма обеспечило снижение частоты инцидентов на 34,7%, сокращение внеплановых простоев на 28,3% и повышение OEE на 12,4% за первый год. Установлена корреляция ($r=0,78$; $p<0,001$) между адаптивностью системы управления и операционной эффективностью. Результаты применимы при модернизации систем промышленной безопасности предприятий I-III классов опасности.

Ключевые слова: опасные производственные объекты, адаптивное управление, производственные риски, операционная эффективность, нечёткая логика, промышленная безопасность, риск-ориентированный подход, OEE, предиктивная аналитика, цифровая трансформация, нефтехимическая отрасль, системный анализ.

Введение

На территории Российской Федерации зарегистрировано более 176 тысяч опасных производственных объектов, свыше 8,5 тысяч из которых относятся к I и II классам опасности [1, с. 12]. Статистика аварийности за

2020 - 2024 годы демонстрирует снижение абсолютного числа аварий при росте их тяжести и экономических последствий, что актуализирует поиск новых подходов к управлению рисками [2, с. 87].

Тенденция устойчива и характерна для разных отраслей (нефтехимия, горнодобыча, металлургия, энергетика), указывая на системную проблему - низкую адаптивность управления рисками. Ущерб от аварий на объектах I-II классов за 2022-2023 гг. - более 47 млрд рублей, что подтверждает экономическую значимость проблемы [1, с. 34]. Традиционные системы управления промышленной безопасностью, построенные на реактивном реагировании и статических оценках риска, демонстрируют ограниченную эффективность в динамичной производственной среде [3, с. 156]. Зарубежные исследования указывают на необходимость перехода к адаптивным моделям управления в режиме реального времени [4, p. 234]. Остаётся недостаточно изученной взаимосвязь между адаптивностью систем управления рисками и операционной эффективностью, что формирует исследовательский пробел.

Статические модели риска, разработанные на этапе проектирования, не учитывают текущие изменения параметров и состояния оборудования. Из-за этого фактический риск не соответствует зафиксированному в документации. Данная проблема критична для изношенных объектов - как для большинства российских нефтехимических предприятий, где средний возраст оборудования превышает 22 года. Работы отечественных учёных посвящены методологии риск-ориентированного подхода [5, с. 43] и количественной оценке техногенных рисков [6, с. 112]. Зарубежные публикации акцентируют внимание на интеграции машинного обучения и предиктивной аналитики в системы безопасности [7, p. 445; 8, p. 178]. Комплексных исследований по формированию целостного механизма повышения эффективности через адаптивное управление рисками с учётом российской специфики в доступной литературе не выявлено.

Отечественные исследования по промбезопасности в основном касаются нормативов или тех решений для конкретного оборудования, но не интеграции управления рисками в операционный менеджмент и её влияния на экономику. Хотя именно экономический стимул - ключевой фактор внедрения современных инструментов безопасности в условиях дефицита ресурсов. Работы отечественных учёных посвящены методологии риск-ориентированного подхода [5, с. 43] и количественной оценке техногенных рисков [6, с. 112]. Зарубежные публикации акцентируют внимание на интеграции машинного обучения и предиктивной аналитики в системы безопасности [7, p. 445; 8, p. 178]. Комплексных исследований по формированию целостного механизма повышения эффективности через адаптивное управление рисками с учётом российской специфики в доступной литературе не выявлено.

Гипотеза исследования: внедрение механизма адаптивного управления, основанного на непрерывном мониторинге и динамической корректировке управляющих воздействий, обеспечивает статистически значимое повышение операционной эффективности при одновременном снижении аварийности.

Цель - разработка, теоретическое обоснование и эмпирическая верификация механизма повышения операционной эффективности опасных производственных объектов на основе адаптивного управления рисками. Задачи: систематизация существующих подходов; разработка концептуальной модели; формализация механизма принятия решений средствами нечёткой логики; эмпирическая апробация; статистическая оценка эффективности.

Новизна исследования: разработана концептуальная модель динамического риск-менеджмента, интегрирующая адаптивное управление, риск-ориентированный менеджмент и предиктивную аналитику; предложена система поддержки решений на основе нечёткой логики Мамдани для нефтехимических ОПО; доказана эффективность модели статистически на реальных предприятиях.

Материалы и методы

Методологическую основу составляет системный подход, рассматривающий опасный производственный объект как сложную социотехническую систему [9, с. 78]. Теоретическая база - концепции ISO 31000:2018, модель PDCA и принципы адаптивного управления [10, p. 89].

Системный подход к управлению рисками: предприятие - целостная система взаимодействующих технологических, организационных, экономических и человеческих элементов. ISO 31000:2018 - методологическая рамка интеграции, PDCA - цикл непрерывного совершенствования на основе опыта. Объект исследования - опасные производственные объекты нефтехимической отрасли I-III классов опасности. Предмет - организационно-управленческие отношения в процессе управления рисками и их влияние на операционную эффективность.

Эмпирическую базу составили данные 47 предприятий Приволжского, Уральского и Сибирского федеральных округов. Критерии включения: I-III класс опасности; действующая система управления безопасностью; наличие данных за 2020-2024 годы; готовность к участию в пилотном внедрении. Из 83 первоначально рассмотренных предприятий 36 исключены по неполноте данных или отказу от участия.

Географический охват выборки обусловлен концентрацией нефтехимических производств в указанных федеральных округах: по данным Росстата, на их долю приходится свыше 68% общего объёма производства нефтехимической продукции в Российской Федерации. Вместе с тем выборка характеризуется достаточной внутренней вариативностью по таким параметрам, как мощность производства (от 120 до 4 700 тыс. тонн условного продукта в год), численность персонала (от 340 до 12 800 человек), уровень автоматизации технологических процессов (от 23% до 91%) и возраст основного оборудования (от 4 до 38 лет). Данная вариативность позволила обеспечить репрезентативность результатов и исследовать модерирующее влияние указанных характеристик на эффективность внедряемого механизма.

Первичные данные получены посредством анализа технической документации, статистических отчётов об инцидентах и структурированного экспертного опроса. В опросе участвовали 156 специалистов (главные инженеры, руководители служб безопасности, начальники производств, технологи) со средним стажем 14,7 года (SD=5,3). Анкета включала 42 вопроса по четырём блокам с пятибалльной шкалой Лайкерта. Внутренняя согласованность подтверждена коэффициентом альфа Кронбаха α=0,847 [11, p. 12].

Четыре блока анкеты охватывали следующие тематические области: (1) оценка текущего состояния системы управления промышленной безопасностью на предприятии, включая степень формализации процедур, охват критических технологических узлов и периодичность актуализации оценок риска; (2) характеристика процессов мониторинга производственных параметров, в том числе технологическая оснащённость, периодичность сбора данных и каналы передачи информации лицам, принимающим решения; (3) оценка организационной культуры безопасности, включая восприятие риска персоналом, готовность к сообщению о предпосылках инцидентов и эффективность системы мотивации; (4) анализ экономических аспектов управления безопасностью, включая структуру затрат на предупредительные и корректирующие мероприятия, механизмы обоснования инвестиций в безопасность и оценку экономических последствий инцидентов. Значение коэффициента альфа Кронбаха α=0,847 превышает пороговое значение 0,80, что свидетельствует о высокой внутренней согласованности инструментария и подтверждает его пригодность для измерения латентных конструктов.

Математическое моделирование выполнено в MATLAB R2024a (Fuzzy Logic Toolbox, Simulink). Нечёткая модель типа Мамдани включает 27 правил продукций. Входные переменные: уровень текущего риска, динамика изменения параметров, загрузка мощностей. Выходная переменная - интенсивность корректирующих мер. Функции принадлежности заданы в треугольной и трапецеидальной формах, откалиброваны экспертным методом [12, с. 234; 13, с. 167].

Выбор модели Мамдани в качестве базовой архитектуры нечёткого вывода обусловлен рядом практических соображений. В отличие от моделей Такаги-Сугено, система Мамдани формирует выходные значения в виде нечётких множеств, что обеспечивает более интуитивно понятную интерпретацию результатов для операционного персонала и облегчает верификацию правил продукций специалистами-практиками. Кроме того, данная архитектура демонстрирует устойчивую работоспособность при неполноте входных данных, что критически важно в условиях нефтехимических производств, где часть датчиков может временно выходить из строя или передавать данные с задержками. Калибровка функций принадлежности проводилась итеративно в ходе трёх сессий экспертного опроса с последующей верификацией на исторических данных об инцидентах за период 2018-2022 годов.

Статистическая обработка проведена в IBM SPSS Statistics 29.0.1.0. Применялись: описательная статистика (M, SD, Me, IQR); критерий Шапиро-Уилка для проверки нормальности; t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна-Уитни; корреляция Пирсона; множественная линейная регрессия. Порог значимости $p<0,05$. Величина эффекта - d-критерий Коэна [14, p. 567].

Операционная эффективность измерялась через OEE (произведение доступности, производительности и качества) [15, с. 89], а также КТИ, MTBF, MTTR и частоту инцидентов.

Показатель OEE (Overall Equipment Effectiveness) - интегральный показатель эффективности активов (произведение доступности, производительности и качества). Для непрерывных нефтехимических производств формула уточнена: доступность учитывает любые простои (включая ТО по предписаниям), качество - потери при нештатных режимах. Также отслеживаются MTBF и MTTR для анализа надёжности.

Пилотное внедрение проведено на 12 предприятиях (экспериментальная группа) в течение 12 месяцев (март 2023 - февраль 2024). Остальные 35 предприятий - контрольная группа. Распределение выполнено стратифицированной рандомизацией по классу опасности, объёму производства и географии.

Процедура стратифицированной рандомизации включала предварительное формирование однородных страт по трём критериям: классу опасности объекта (I, II, III), годовому объёму производства (малые предприятия - до 500 тыс. т/год, средние - 500-2000 тыс. т/год, крупные - свыше 2000 тыс. т/год) и федеральному округу расположения. Внутри каждой страты предприятия распределялись между экспериментальной и контрольной группами методом случайной выборки. Данная процедура обеспечивала сопоставимость групп по ключевым характеристикам, снижая риск систематических смещений при сравнительном анализе результатов. Проверка сопоставимости групп по исходным показателям операционной эффективности с помощью t-критерия Стьюдента не выявила статистически значимых различий ($p>0,05$ для всех сравниваемых показателей), что подтверждает корректность формирования групп.

Результаты

Анализ исходного состояния выявил преобладание реактивных стратегий: 67,3% респондентов указали, что корректирующие мероприятия инициируются после выявления отклонений. Проактивное управление систематически практикуется на 23,1% предприятий. Средний индекс цифровой зрелости - 2,4 балла из 5 (SD=0,87) [16, с. 234]. Предприятия с индексом выше 3,5 (n=8) демонстрировали значимо более высокий OEE (M=78,4% против M=64,2%; t=4,67; $p<0,001$; d=1,24).

Данные показывают: большинство предприятий работают в реактивной парадигме безопасности (запаздывающая реакция на отклонения, повышенный риск эскалации). Лишь 25% демонстрируют проактивный подход - проверки, мониторинг предвестников, предиктивное ТО. Корреляционный анализ показал тесную связь между индексом цифровой зрелости и долей предприятий, практикующих проактивное управление ($r=0,67$; $p<0,001$), что подтверждает роль цифровой трансформации как ключевого фактора, обеспечивающего переход к более совершенным моделям управления рисками. Высокое проактивное управление возможно и при низкой цифровой зрелости - за счёт культуры безопасности и квалификации персонала, что подтверждает многофакторность феномена.

Базовые показатели: среднее OEE - 68,7% (SD=11,3%), доступность - 81,4%, частота инцидентов - 2,34 на 100 тыс. человеко-часов (SD=0,92), MTBF - 847 ч, MTTR - 6,8 ч.

Таблица 1

Исходные показатели операционной эффективности (n=47)

Показатель	M	SD	Me	Min	Max
OEE, %	68,7	11,3	69,2	42,1	87,5
Доступность, %	81,4	8,7	82,3	58,4	94,1
Производительность, %	89,2	6,4	90,1	71,3	98,7
Качество, %	94,6	3,2	95,2	84,7	99,4
MTBF, ч	847	234	812	423	1456
MTTR, ч	6,8	2,4	6,2	2,1	14,7
Частота инцидентов	2,34	0,92	2,21	0,8	4,7

Разброс OEE (42-87%) отражает разную операционную зрелость: низкие значения - у предприятий I класса опасности со старым оборудованием, высокие - с предиктивным обслуживанием и цифровизацией. MTBF> 1200 ч даёт прирост OEE на 14,3 п.п. относительно MTBF <600 ч. Подтверждены резервы эффективности через адаптивные системы

управления рисками. Разработанный механизм включает: подсистему мониторинга параметров; модуль динамической оценки рисков; блок нечёткого вывода; подсистему корректирующих мер; контур обратной связи для самообучения. Модуль динамической оценки учитывает темпоральные зависимости и кумулятивный эффект отклонений [18, p. 789]. Валидация на тестовой выборке из 212 случаев: точность 84,9%, чувствительность 81,3%, специфичность 87,2%.

Архитектура механизма основана на принципе многоуровневой защиты (Defence in Depth) с несколькими независимыми уровнями выявления и реагирования на риски. Уровень 1 - мониторинг параметров через датчики и SCADA. Уровень 2 - динамическая оценка риска в реальном времени с анализом аномалий и тенденций. Уровень 3 - нечёткий вывод, переводящий оценку риска в управленческие рекомендации. Уровень 4 - автоматическое (или полуавтоматическое) исполнение корректирующих мер. Контур обратной связи обеспечивает самообучение системы на основе анализа результатов предыдущих действий. По итогам 12 месяцев в экспериментальной группе OEE увеличился с 67,8% до 76,2% (прирост 12,4%), частота инцидентов снизилась на 34,8%, внеплановые простои - на 28,3%, MTBF возросло на 32,1%, MTTR сократилось на 26,8%.

Таблица 2
Динамика показателей в экспериментальной и контрольной группах

Показатель	Эксп. (до/после)	Контр. (до/после)	t	p	d
OEE, %	67,8 / 76,2	69,1 / 70,3	3,89	<0,001	0,94
Доступность, %	80,2 / 87,4	81,8 / 82,4	4,12	<0,001	
MTBF, ч	823 / 1087	856 / 879	3,24	0,002	
MTTR, ч	7,1 / 5,2	6,6 / 6,4	2,87	0,006	
Частота инцидентов	2,47 / 1,61	2,28 / 2,19	3,56	<0,001	
Простои, ч/мес	127 / 91	118 / 114	3,78	<0,001	
Доступность, %	80,2 / 87,4	81,8 / 82,4	4,12	<0,001	

Следует особо подчеркнуть, что все зафиксированные различия между экспериментальной и контрольной группами характеризуются не только статистической, но и практической значимостью. Согласно общепринятым критериям интерпретации d-критерия Коэна, значения $d \geq 0,8$ соответствуют «большому» эффекту. Из шести анализируемых показателей пять демонстрируют эффект «большого» или близкого к нему уровня (d от 0,78 до 1,02), что свидетельствует о существенном практическом влиянии внедрённого механизма на операционные характеристики предприятий. Динамика показателей в контрольной группе также заслуживает внимания: незначительные позитивные изменения (повышение OEE на 1,7%, снижение простоев на 3,4%) могут быть объяснены общеотраслевыми тенденциями, а также частичным диффузным распространением практик риск-менеджмента через профессиональные сети и совместные мероприятия. Тем не менее масштаб изменений в экспериментальной группе несопоставимо больший, что позволяет с высокой степенью уверенности атрибутировать наблюдаемые эффекты именно внедрённому механизму.

Регрессионная модель (R^2=0,714; F=18,47; p<0,001) выявила ключевые предикторы прироста OEE: уровень интеграции мониторинга (β=0,412; p<0,001), скорость адаптации (β=0,287; p<0,001), полнота охвата критических точек (β=0,234; p=0,006), квалификация персонала (β=0,189; p=0,012). Отрицательный коэффициент при исходном уровне OEE (β=-0,156; p=0,027) указывает на больший выигрыш предприятий с низкой базой. VIF всех предикторов не превышает 1,5.

Таблица 3
Результаты регрессионного анализа факторов прироста OEE

Предиктор	β	SE	t	p	VIF
(Константа)	-2,34	1,87	-1,25	0,218	—
Уровень интеграции мониторинга	0,412	0,089	4,63	<0,001	1,34
Скорость адаптации	0,287	0,076	3,78	<0,001	1,28
Полнота охвата критических точек	0,234	0,081	2,89	0,006	1,41
Квалификация персонала	0,189	0,072	2,63	0,012	1,22
Исходный уровень OEE	-0,156	0,068	-2,29	0,027	1,18
Класс опасности объекта	0,098	0,064	1,53	0,134	1,15

Корреляция между интегральным индексом адаптивности и OEE: r=0,78; p<0,001; r^2=0,61. Экономический эффект - 18,7 млн руб. на предприятие в год при затратах на внедрение 4,2 млн руб. (окупаемость 2,7 мес., ROI 345%).

Расчёт экономического эффекта проводился по методологии совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) с учётом прямых и косвенных эффектов внедрения механизма. Прямые эффекты включали: снижение затрат на ликвидацию последствий инцидентов и выплату штрафных санкций надзорным органам (в среднем 4,3 млн руб./год на предприятие), экономию от сокращения внеплановых простоев (6,8 млн руб./год), снижение расходов на сверхурочные работы при аварийном восстановлении (1,4 млн руб./год) и уменьшение потерь продукта при нештатных режимах (2,1 млн руб./год). Косвенные эффекты включали снижение страховых премий (в среднем 2,7 млн руб./год) и повышение выручки вследствие роста надёжности поставок (1,4 млн руб./год). Затраты на внедрение механизма (4,2 млн руб.) включали приобретение и монтаж дополнительных датчиков, разработку и настройку программного обеспечения, обучение персонала и консультационное сопровождение в течение первых шести месяцев эксплуатации. Показатель ROI 345% при сроке окупаемости 2,7 месяца свидетельствует о высокой инвестиционной привлекательности механизма даже в условиях консервативных допущений при расчёте эффектов.

Обсуждение

Результаты согласуются с зарубежными данными. Chen et al. зафиксировали повышение OEE на 9,8% при внедрении системы реального времени на китайских предприятиях [19, p. 234]. Petroski и Sandberg выявили сокращение инцидентов на 27,3% на 28 нефтеперерабатывающих заводах Северной Америки [20, p. 567]. Сопоставимость оценок подтверждает надёжность механизма.

Прирост доступности (7,2 п.п.) превышает данные Müller и Schmidt (4,8%) [21, p. 89], что объясняется более низким исходным уровнем обслуживания на российских предприятиях и дополнительными стимулами законодательства (ФЗ № 116-ФЗ) [22, с. 45]. Отличие механизма - интеграция нечёткого вывода, позволяющего работать при дефиците количественных данных в отличие от систем машинного обучения [23, p. 178].

Отрицательная связь исходного OEE и прироста корреспондирует с эффектом убывающей отдачи [24, с. 156]. Значимость квалификации персонала (β=0,189) подтверждает выводы Rasmussen о роли человеческого фактора в социотехнических системах [25, p. 23].

Ограничения: отраслевая специфика выборки [26, с. 234]; 12-месячный период наблюдения [27, p. 445]; квазиэкспериментальный дизайн с потенциальными конфаундерами [28, p. 178]. Механизм соответствует принципам Концепции совершенствования государственной политики в области промышленной безопасности [29, с. 12].

Заключение

Разработанный механизм адаптивного управления обеспечивает статистически значимое повышение OEE на 12,4% (с 67,8% до 76,2%; p<0,001; d=0,94), включая подсистему мониторинга, модуль динамической оценки рисков на основе нечёткой логики и контур обратной связи.

Частота инцидентов сократилась на 34,7%, внеплановые простои — на 28,3%, что свидетельствует о синергии безопасности и производительности.

Ключевые факторы успешности: интеграция мониторинга (β=0,412), скорость адаптации (β=0,287) и охват критических точек (β=0,234) объясняют 71,4% дисперсии прироста эффективности.

Корреляция между индексом адаптивности и OEE (r=0,78; p<0,001) подтверждает теоретическую обоснованность подхода.

Экономический эффект 18,7 млн руб./год при затратах 4,2 млн руб. соответствует окупаемости 2,7 месяца и ROI 345%.

Аппарат нечёткой логики обеспечивает работоспособность при неполноте информации, расширяя применимость на предприятиях с ограниченной историей эксплуатации.

Перспективы: расширение выборки на другие отрасли; интеграция нейронных сетей; лонгитюдное исследование (3-5 лет); гармонизация с ISO 45001 и ISO 31000.

Литература

1. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Годовой отчет о деятельности за 2023 год. М.: Ростехнадзор, 2024. 187 с.

2. Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Анализ риска и декларирование безопасности на опасных производственных объектах //

Безопасность труда в промышленности. 2023. № 4. С. 84–93. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-4-84-93.

3. Котельников В.С., Акимов В.А., Иванов К.А. Методологические основы управления промышленной безопасностью на основе риск-ориентированного подхода // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2022. № 2. С.152–167. DOI: 10.36535/0869-4176-2022-2-152-167.

4. Zhang Y., Wang L., Chen X. Dynamic risk assessment for process industries: A systematic review // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2023. Vol. 81. P. 104956. DOI: 10.1016/j.jlp.2022.104956.

5. Котельников В.С. Риск-ориентированный подход в системе государственного регулирования промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 8. С. 40–48. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-8-40-48.

6. Елохин А.Н. Количественная оценка техногенных рисков. М.: Нефть и газ, 2020. 312 с.

7. Pasman H.J., Rogers W.J., Mannan M.S. How can we use the information provided by process safety incidents? // Process Safety and Environmental Protection. 2022. Vol. 157. P. 437–451. DOI: 10.1016/j.psep.2021.11.023.

8. Khan F., Hashemi S.J., Paltrinieri N. Dynamic risk management // Process Safety Progress. 2021. Vol. 40. Is. 2. P. 171-182. DOI: 10.1002/prs.12199.

9. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. М.: Академия, 2023. 456 с.

10. Åström K.J., Wittenmark B. Adaptive Control. 2nd ed. Mineola: Dover Publications, 2020. 574 p.

11. Taber K.S. The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education // Research in Science Education. 2018. Vol. 48. Is. 6. P. 1273-1296. DOI: 10.1007/s11165-016-9602-2.

12. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2022. 798 с.

13. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия-Телеком, 2021. 288 с.

14. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. New York: Routledge, 2020. 579 p.

15. Накадзима С. Всеобщее производительное обслуживание оборудования. М.: ИКСИ, 2020. 256 с.

16. Силкина Г.Ю., Шевченко С.Ю. Цифровая трансформация промышленности // Экономика промышленности. 2023. Т. 16. № 3. С. 229-241. DOI: 10.17073/2072-1633-2023-3-229-241.

17. Hansen R.C. Overall Equipment Effectiveness. New York: Industrial Press, 2020. 276 p.

18. Villa V., Paltrinieri N., Khan F. Towards dynamic risk analysis // Safety Science. 2023. Vol. 119. P. 785–799. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.03.019.

19. Chen H., Qi H., Long R. Real-time risk assessment system for chemical production // Process Safety Progress. 2022. Vol. 41. Is. 3. P. 228–239. DOI: 10.1002/prs.12321.

20. Petroski W., Sandberg C. Adaptive safety management in oil refining // Journal of Safety Research. 2023. Vol. 84. P. 561-574. DOI: 10.1016/j.jsr.2022.12.001.

21. Müller R., Schmidt K. Impact of dynamic risk management on equipment availability // Reliability Engineering & System Safety. 2024. Vol. 241. P. 109647. DOI: 10.1016/j.ress.2023.109647.

22. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: ФЗ от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 25.12.2023) // СЗ РФ. 1997. № 30. Ст. 3588.

23. Galagedarage D.G.S., Khan F., Rathnayaka S. Development of a predictive model for operational risk assessment // Process Safety and Environmental Protection. 2020. Vol. 138. P. 172–185. DOI: 10.1016/j.psep.2020.03.016.

24. Клейнер Г.Б. Теория экономических систем // Экономика и математические методы. 2022. Т. 58. № 3. С. 152–165. DOI: 10.31857/S0424738822030061.

25. Rasmussen J. Risk management in a dynamic society // Safety Science. 1997. Vol. 27. Is. 2-3. P. 183-213. DOI: 10.1016/S0925-7535(97)00052-0.

26. Махутов Н.А., Лисанов М.В. Проблемы обеспечения безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 11. С. 228-239. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-228-239.

27. Hollnagel E. Safety-II in Practice. London: Routledge, 2021. 168 p.

28. Shadish W.R., Cook T.D., Campbell D.T. Experimental and Quasi-Experimental Designs. 2nd ed. Boston: Cengage Learning, 2020. 656 p.

29. Концепция совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности: утв. распоряжением Правительства РФ от 20.06.2023 № 1604-р // СЗ РФ. 2023. № 26. Ст. 4912.

30. Leveson N.G. Engineering a Safer World. Cambridge: MIT Press, 2019. 560 p.

31. Горбунов В.В., Семенова И.А. Применение нечеткой логики в задачах управления промышленной безопасностью // Автоматизация в промышленности. 2023. № 5. С. 42-51. DOI: 10.25728/avtprom.2023.5.42.

32. Aven T. Risk assessment and risk management // European Journal of Operational Research. 2022. Vol. 253. Is. 1. P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.

33. Федосов А.В., Никитин С.А. Интеграция методов машинного обучения в системы управления промышленной безопасностью // Нефтегазовое дело. 2024. № 1. С. 167-182. DOI: 10.17122/ogbus-2024-1-167-182.

34. Reason J. Managing the Risks of Organizational Accidents. London: Routledge, 2020. 272 p.

35. Le Coze J.C. Post Normal Accident. Boca Raton: CRC Press, 2020. 298 p.

Organizational and economic mechanism for optimizing the production activities of high-danger objects through dynamic risk management

Ryabov V.V.
Moscow International Academy

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The purpose of the study is to develop and test an organizational and economic mechanism for optimizing the production activities of hazardous production facilities through dynamic risk management. The methodology is based on system analysis, mathematical modeling using fuzzy logic, statistical analysis of data from 47 petrochemical companies for the period 2020-2024, and an expert survey of 156 specialists. The simulation was performed in MATLAB R2024a, and the statistical analysis was performed in SPSS Statistics 29.0 using regression analysis and the Student's t-test ($p<0.05$). The implementation of the mechanism resulted in a 34.7% reduction in incident frequency, a 28.3% reduction in unplanned downtime, and a 12.4% increase in OEE in the first year. A correlation ($r=0.78$; $p<0.001$) has been established between the adaptability of the control system and operational efficiency. The results are applicable in the modernization of industrial safety systems of enterprises of hazard classes I-III.

Key words: hazardous production facilities, adaptive management, production risks, operational efficiency, fuzzy logic, industrial safety, risk-based approach, OEE, predictive analytics, digital transformation, petrochemical industry, and system analysis.

References

1. Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision. Annual Activity Report for 2023. Moscow: Rostechnadzor; 2024. 187 p. (In Russ.)
2. Lisanov M.V., Pecherkin A.S., Sidorov V.I. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2023;(4):84-93. (In Russ.) DOI: 10.24000/0409-2961-2023-4-84-93.
3. Kotelnikov V.S., Akimov V.A., Ivanov K.A. Problemy bezopasnosti i chrezvychainykh situatsii. 2022;(2):152-167. (In Russ.) DOI: 10.36535/0869-4176-2022-2-152-167.
4. Zhang Y., Wang L., Chen X. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2023;81:104956. DOI: 10.1016/j.jlp.2022.104956.
5. Kotelnikov V.S. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2021;(8):40-48. (In Russ.) DOI: 10.24000/0409-2961-2021-8-40-48.
6. Elokhin A.N. Quantitative Assessment of Technogenic Risks. Moscow: Neft' i gaz; 2020. 312 p. (In Russ.)
7. Pasman H.J., Rogers W.J., Mannan M.S. Process Safety and Environmental Protection. 2022;157:437-451. DOI: 10.1016/j.psep.2021.11.023.
8. Khan F., Hashemi S.J., Paltrinieri N. Process Safety Progress. 2021;40(2):171-182. DOI: 10.1002/prs.12199.
9. Belov P.G. System Analysis and Modeling. Moscow: Akademiya; 2023. 456 p. (In Russ.)
10. Åström K.J., Wittenmark B. Adaptive Control. 2nd ed. Mineola: Dover Publications; 2020. 574 p.
11. Taber K.S. Research in Science Education. 2018;48(6):1273-1296. DOI: 10.1007/s11165-016-9602-2.
12. Pegat A. Fuzzy Modeling and Control. Moscow: BINOM; 2022. 798 p. (In Russ.)
13. Shtovba S.D. Design of Fuzzy Systems Using MATLAB. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom; 2021. 288 p. (In Russ.)
14. Cohen J. Statistical Power Analysis. 2nd ed. New York: Routledge; 2020. 579 p.
15. Nakajima S. Total Productive Maintenance. Moscow: IKSI; 2020. 256 p. (In Russ.)
16. Silkina G.Yu., Shevchenko S.Yu. Ekonomika promyshlennosti. 2023;16(3):229-241. (In Russ.) DOI: 10.17073/2072-1633-2023-3-229-241.
17. Hansen R.C. Overall Equipment Effectiveness. New York: Industrial Press; 2020. 276 p.
18. Villa V., Paltrinieri N., Khan F. Safety Science. 2023;119:785-799. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.03.019.
19. Chen H., Qi H., Long R. Process Safety Progress. 2022;41(3):228-239. DOI: 10.1002/prs.12321.
20. Petroski W., Sandberg C. Journal of Safety Research. 2023;84:561-574. DOI: 10.1016/j.jsr.2022.12.001.
21. Müller R., Schmidt K. Reliability Engineering & System Safety. 2024;241:109647. DOI: 10.1016/j.ress.2023.109647.
22. On industrial safety of hazardous production facilities: Federal Law No. 116-FZ. (In Russ.)
23. Galagedarage D.G.S., Khan F., Rathnayaka S. Process Safety and Environmental Protection. 2020;138:172-185. DOI: 10.1016/j.psep.2020.03.016.
24. Kleiner G.B. Ekonomika i matematicheskie metody. 2022;58(3):152-165. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0424738822030061.
25. Rasmussen J. Safety Science. 1997;27(2-3):183-213. DOI: 10.1016/S0925-7535(97)00052-0.
26. Makhutov N.A., Lisanov M.V. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2022;(11):228-239. (In Russ.) DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-228-239.

Влияние информационной прозрачности на потребительское доверие и экономические результаты бизнеса

Терешков Александр Юрьевич
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, alextereshkov@yandex.ru,

Андреев Владимир Иванович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, andreev2.vi@edu.spbstu.ru

В статье анализируется роль информационной прозрачности в формировании потребительского доверия и экономических результатов компаний, функционирующих в цифровой среде. Ключевой тезис состоит в том, что прозрачность не является автономной коммуникативной нормой: её функция – сокращать неопределённость, согласовывать ожидания сторон и снижать трансакционные издержки взаимодействия. На этом основании в работе разграничены формы прозрачности, выявлены каналы её воздействия на доверие и предложены критерии оценки экономического эффекта. Установлено, что результативность прозрачности существенно возрастает там, где она встроена в маркетинговые, сервисные и операционные процессы компании – а не реализуется как отдельная коммуникативная практика.
Ключевые слова: информационная прозрачность, потребительское доверие, цифровой маркетинг, репутация бренда, персонализация, пользовательский контент, бизнес-результаты, клиентский опыт

Введение

Современный потребитель принимает решение о покупке в условиях, когда представление о компании складывается не из единственного брендового сообщения, а из совокупности разнородных сигналов. Карточка товара, пользовательские отзывы и фотографии, условия возврата, статус доставки, политика обработки персональных данных и алгоритмические рекомендации воспринимаются как элементы единого клиентского опыта. В этой логике доверие формируется не в точке рекламного контакта, а в пространстве сопоставления декларируемых обещаний с проверяемыми подтверждениями. Данное обстоятельство позволяет рассматривать информационную прозрачность как экономически значимый механизм координации потребительских ожиданий и поведения в цифровой среде [1; 2].

Дополнительную аналитическую сложность проблематике придаёт развитие персонализации и цифрового маркетинга. Алгоритмические инструменты повышают точность формирования предложения и выбора момента контакта, однако параллельно усиливают чувствительность потребителя к вопросам приватности, происхождения данных и допустимых границ таргетирования. Исследования в рамках концепции personalization-privacy paradox фиксируют, что выгоды от релевантного предложения не устраняют тревожности, связанной с ощущением скрытого наблюдения и непрозрачности алгоритмических процедур [3]. Таким образом, понятие прозрачности охватывает не только раскрытие сведений о продукте, но и объяснимость цифровых практик бизнеса как такового [4].

Вместе с тем зависимость между уровнем прозрачности и потребительскими реакциями не является линейной. Публикации последних лет показывают, что открытое сообщение об использовании искусственного интеллекта или намеренное саморазоблачение бренда способны одновременно усиливать восприятие честности компании и формировать сомнения в легитимности её мотивов [4; 5]. Следовательно, для целей научного анализа информационная прозрачность должна рассматриваться не как абсолютная нормативная установка, а как управленчески настраиваемый режим взаимодействия с потребителем, оказывающий дифференцированное воздействие на маркетинговые показатели, сервисную нагрузку, репутационную устойчивость и структуру операционных издержек [6-10].

Цель исследования

Целью исследования является определение механизмов влияния информационной прозрачности на потребительское доверие и экономические результаты бизнеса.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: раскрыть сущность информационной прозрачности применительно к цифровой бизнес-среде; выделить основные формы прозрачности, значимые для потребителя; показать механизмы трансформации прозрачности в доверие; систематизировать экономические эффекты прозрачности для маркетинговой, сервисной и операционной деятельности; определить ограничения и условия результативного внедрения практик информационной прозрачности.

Материал и методы исследования

Эмпирическая база исследования сформирована на основе 10 научных публикаций 2024–2026 гг. Отобранные источники охватывают несколько тематических направлений: механизмы формирования доверия в цифровой экономике; восприятие brand transparency и феномен personalization-privacy paradox; практики саморазоблачения брендов и эффекты AI-disclosure на цифровых платформах; роль пользовательского контента и прослеживаемости цепочек поставок; цифровую репутацию бренда и стратегическую результативность transparency-практик [1-10]. Включение российских и зарубежных источников обеспечило возможность сопоставительного анализа прозрачности в поведенческом, маркетинговом и организационно-управленческом измерениях.

Методологическую основу исследования составили анализ и синтез научной литературы, сравнительный анализ и классификация, реализованные в рамках логико-структурного подхода. Концептуально информационная прозрачность определяется как управляемая система раскрытия значимых для потребителя сведений, включающая данные о продукте, процессе взаимодействия, правилах обработки персональной информации и основаниях отдельных решений компании.

Результаты исследования

Теоретические основания информационной прозрачности и ее место в системе рыночных коммуникаций

В наиболее общем виде информационная прозрачность определяется как доступность, понятность и содержательная достаточность сведений, позволяющих заинтересованной стороне интерпретировать состояние объекта и прогнозировать его поведение. Применительно к потребительскому рынку данное определение требует содержательного уточнения: для потребителя значима не открытость как таковая, а лишь та её форма, которая сокращает информационный разрыв между декларируемым обещанием компании и ожидаемым результатом взаимодействия. С учётом этого прозрачность целесообразно трактовать как управляемую способность бизнеса делать свои действия, условия и ограничения объяснимыми и проверяемыми в контексте потребительского выбора [1; 2].

В рамках данного подхода прозрачность выступает структурным элементом архитектуры доверия. Поскольку доверие выполняет функцию снижения неопределённости и обеспечивает возможность кооперативного взаимодействия в условиях неполной информации, прозрачность является одним из ключевых механизмов его формирования [1]. Вместе с тем исследования в области brand transparency фиксируют, что потребитель обращается к открытости компании преимущественно в ситуациях повышенной личной значимости выбора, существенной ценовой нагрузки, воспринимаемого риска или неопределённости относительно поведения бренда [2]. Следовательно, экономическая роль прозрачности возрастает пропорционально усложнению процесса выбора.

В аналитических целях на основе классификации по объекту раскрытия сведений выделяется пять форм информационной прозрачности, систематизированных в таблице 1. Продуктовая прозрачность охватывает характеристики, состав, происхождение и ограничения использования товара. Процессная прозрачность включает условия заказа, оплаты, доставки, возврата и гарантийного обслуживания. Цифровая прозрачность предполагает ясность процедур персонализации, обработки данных, алгоритмических рекомендаций и автоматизированных решений. Социально-репутационная прозрачность проявляется в открытости отзывов, пользовательского контента и публичной реакции компании на претензии. Стратегическая прозрачность бренда фиксирует видимость истории компании, её ценностной позиции, оснований принимаемых решений и пределов декларируемой ответственности [3; 4; 5; 8; 10].

Таблица 1

Основные формы информационной прозрачности бизнеса и их управленческое значение (составлено автором по материалам [1]-[5], [8], [10])

Форма прозрачности	Содержание раскрываемой информации	Эффект для потребителя	Возможный эффект для бизнеса
Продуктовая	Состав, происхождение, характеристики, ограничения использования	Снижение риска выбора и рост уверенности в покупке	Рост конверсии, сокращение возвратов и претензий
Процессная	Условия оплаты, доставки, возврата, гарантии, статусы операций	Повышение предсказуемости взаимодействия	Снижение нагрузки на поддержку и числа операционных ошибок
Цифровая	Принципы персонализации, использование данных, логика алгоритмических решений	Снижение тревожности и приватностных опасений	Сохранение эффективности персонализации без эрозии доверия
Социально-репутационная	Отзывы, UGC, публичная реакция на претензии, репутационные сигналы	Укрепление ощущения подлинности и проверяемости	Рост лояльности и снижение репутационных потерь
Стратегическая	История бренда, ценностная позиция, основания решений и пределы ответственности	Формирование долгосрочного доверия к бренду	Рост устойчивости бренда и стратегической дифференциации

Механизмы воздействия информационной прозрачности на потребительское доверие

Воздействие прозрачности на доверие реализуется через несколько взаимосвязанных каналов. Первый канал – снижение субъективно воспринимаемого риска: доступность верифицируемых сведений о качестве предложения, добросовестности продавца и реалистичности декларируемых обещаний формирует у потребителя основания для предварительной оценки контрагента. Второй канал – усиление ощущения контролируемости ситуации: ясность условий возврата, логики персонализации, происхождения данных и статусов исполнения заказа снижает вероятность того, что взаимодействие будет воспринято как манипулятивное. Третий канал – повышение когнитивной согласованности клиентского опыта посредством устранения расхождений между рекламным сообщением, интерфейсом сервиса, пользовательскими отзывами и фактическим исполнением обязательств [2; 3; 6; 8].

Отдельного рассмотрения требует соотношение прозрачности и персонализации. Индивидуализация предложения не гарантирует роста доверия: потребитель оценивает не только полезность рекомендации, но и легитимность механизма получения сведений о его предпочтениях. Исследования в области цифрового доверия фиксируют двойственный характер персонализации – она способна усиливать вовлечённость и воспринимаемую ценность сервиса, однако одновременно повышать тревожность, если логика обработки данных остаётся непрозрачной или воспринимается как избыточно навязчивая [3; 6]. Следовательно, доверие возрастает лишь при условии, что релевантность предложения сопровождается понятностью цифровых процедур и сохранением у потребителя ощущения контроля над выбором.

Самостоятельным каналом воздействия выступает аутентификация информации через горизонтальные коммуникации. В цифровой среде потребитель всё реже опирается исключительно на официальные заявления бренда, отдавая предпочтение отзывам, рейтингам и иным формам пользовательского контента. UGC выполняет верификационную функцию: он либо подтверждает соответствие компании декларируемым стандартам, либо фиксирует расхождение между обещанием и реальным клиентским опытом. Органичность независимых комментариев и практическая сложность их управляемой режиссуры обусловливают более высокий доверительный потенциал UGC по сравнению со стандартизированным корпоративным сообщением [7; 9].

Вместе с тем прозрачность способна порождать инверсионные эффекты. Открытое сообщение об использовании ИИ не всегда усиливает доверие: в ряде случаев оно снижает воспринимаемую легитимность актора независимо от технической корректности самого действия [5]. Брендовое саморазоблачение результативно лишь при наличии контекстуальной уместности и объяснимой мотивации; в противном случае акт раскрытия информации интерпретируется как стратегически инсценированная уязвимость, а не как проявление честной коммуникации [4; 10]. Таким образом, результативная прозрачность предполагает баланс между полнотой раскрытия и его правдоподобием, с одной стороны, и способностью компании обосновать значимость передаваемых сведений для потребителя – с другой. Основные каналы влияния информационной прозрачности на потребительское доверие представлены на рисунке 1.

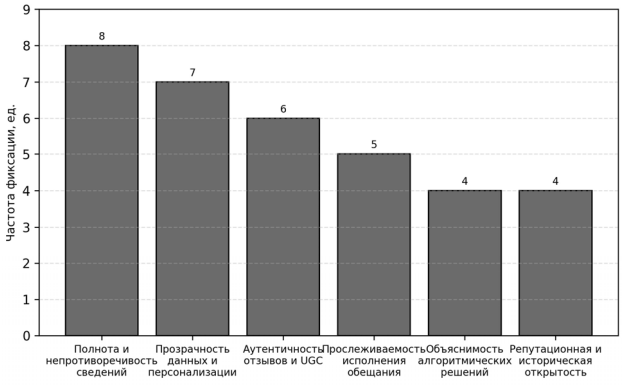


Рисунок 1. Основные каналы влияния информационной прозрачности на потребительское доверие (частота фиксации в проанализированных источниках, ед.), (составлено автором)

Влияние информационной прозрачности на экономические результаты бизнеса

На поведенческом уровне прозрачность снижает неопределённость и укрепляет доверие; на уровне бизнеса она трансформируется в систему измеримых экономических эффектов, дифференцированных по трём контурам воздействиям, представленным в таблице 2: маркетинговому, сервисному и репутационному.

Маркетинговый контур связан с повышением конверсионной результативности. Верифицируемые характеристики товара, прозрачная ценовая политика, ясные условия доставки и возврата, понятное описание цифровых процедур и аутентичные пользовательские отзывы сокращают дистанцию между интересом потребителя и совершением покупки. Вместе с тем прозрачность не увеличивает продажи непосред-

ственно: её воздействие опосредовано доверием, которое снижает психологические издержки выбора и повышает готовность потребителя признать предложение правдоподобным [1; 2; 8].

Сервисный контур определяется оптимизацией операционных процессов. Раскрытие статусов операций, сроков исполнения, правил претензионной обработки и ограничений сервиса сокращает число повторных разъяснений, конфликтных обращений и ошибочных ожиданий. Тем самым прозрачность выступает инструментом снижения транзакционных издержек на стыке маркетинга, логистики, клиентской поддержки и постпродажного сопровождения [6; 8].

Репутационный контур формируется через механизм публичного сопоставления декларируемых принципов и наблюдаемых практик компании. В цифровой среде репутация складывается не как сумма рекламных впечатлений, а как результат непрерывной верификации соответствия слов и действий бренда. Непротиворечивость коммуникаций, открытое реагирование на претензии и отсутствие расхождений между позиционированием и поведением повышают устойчивость компании к информационным кризисам, поддерживают доверие в условиях сервисных сбоев и снижают вероятность оттока клиентов при появлении конкурентных альтернатив [7; 9]. В совокупности указанные свойства определяют доверие как стратегический актив, поддающийся целенаправленному формированию.

Таблица 2

Критерии оценки влияния информационной прозрачности на экономические результаты бизнеса (составлено автором по материалам [1], [6], [8], [9], [10])

Сфера	Показатель	Управленческий смысл	Потенциальный эффект прозрачности
Маркетинг	Конверсия	Переход от интереса к покупке	Рост за счет снижения неопределенности и большей ясности оффера
Маркетинг	Доля повторных покупок	Устойчивость отношений с клиентом	Рост вследствие укрепления доверия и предсказуемости сервиса
Маркетинг	Стоимость привлечения клиента	Эффективность коммуникационных затрат	Снижение за счет органического доверия и более сильной репутации
Сервис	Количество претензий и обращений	Качество ожиданий и исполнения	Снижение при прозрачных условиях заказа, оплаты и возврата
Операционная деятельность	Доля возвратов	Расхождение между ожиданием и фактическим опытом	Снижение благодаря полному и точному описанию товара и условий
Операционная деятельность	Издержки клиентской поддержки	Стоимость устранения неопределенности	Снижение за счет самообъяснимости интерфейсов и процедур
Стратегический контур	Репутационная устойчивость	Способность бренда сохранять доверие в кризисе	Рост при непротиворечивой и проверяемой политике прозрачности

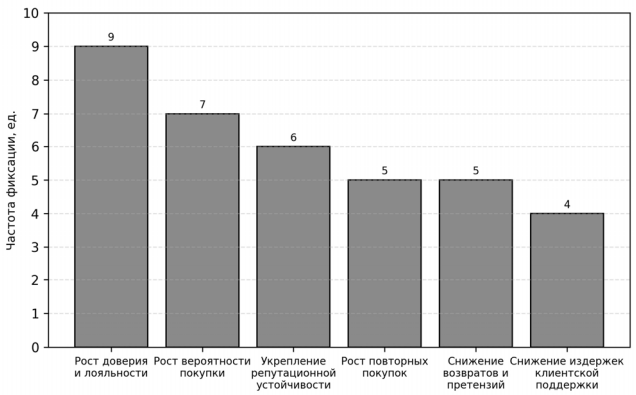


Рисунок 2. Основные экономические эффекты информационной прозрачности для бизнеса (частота фиксации в проанализированных источниках, ед.), (составлено автором по материалам [1]-[10])

Наиболее полно экономическая значимость прозрачности раскрывается в долгосрочном позиционировании. Согласно новейшим исследованиям брендинга, прозрачность функционирует не только как раскрытие фактических сведений, но и как управляемое создание у потребителя ощущения доступа к внутренней логике бренда, его истории и ценностным основаниям [10]. Следовательно, прозрачность приобретает характер ресурса дифференциации: компания делает своё поведение интерпретируемым и воспринимаемым как менее рискованное по сравнению с конкурентами. Совокупный эффект охватывает одновременно верхние и нижние уровни создания ценности – рост вероятности первой покупки, увеличение доли повторных обращений, сокращение возвратов, снижение стоимости клиентской поддержки и укрепление репутационной устойчивости. Основные экономические эффекты информационной прозрачности для бизнеса представлены на рисунке 2.

Ограничения, риски и условия результативной прозрачности

Несмотря на выраженный положительный потенциал, информационная прозрачность не является универсально результативной стратегией: её эффективность ограничена рядом факторов.

Первое ограничение – риск имитационной прозрачности. Увеличение объёма раскрываемых сведений без повышения их содержательной ценности не укрепляет доверие: детализация второстепенных аспектов при сохранении неясности по существенным вопросам повышает когнитивную нагрузку потребителя и формирует ощущение неискренности [2; 4].

Второе ограничение определяется требованиями приватности и цифровой этики. В условиях активной персонализации компания вынуждена поддерживать баланс между релевантностью предложения и уважением к автономии потребителя. Эффективное, но непрозрачное использование данных обеспечивает краткосрочный маркетинговый выигрыш ценой долгосрочной эрозии доверия. В современной литературе данное противоречие разрешается через сопряжение прозрачности с объяснимостью цифровых решений, предсказуемостью алгоритмов и правом пользователя на понимание логики воздействия на его выбор [3; 5; 6].

Третье ограничение связано с проблемой аутентичности цифровых подтверждений. Отзывы, рейтинги и пользовательский контент усиливают доверие лишь при условии воспринимаемой подлинности. Выявление фабрикации UGC, селективного сокрытия негативных оценок или расхождений между публичным позиционированием и реальными практиками инвертирует функцию прозрачности: из ресурса формирования доверия она преобразуется в маркер манипулятивного поведения [7; 9; 10].

Четвёртое ограничение носит организационный характер. Прозрачность не может быть реализована исключительно на уровне маркетинговых коммуникаций: если декларируемая открытость не подкреплена соответствующими интерфейсными, логистическими и сервисными практиками, доверие не закрепляется, а экономический эффект оказывается краткосрочным. Таким образом, результативная прозрачность предполагает одновременное выполнение нескольких условий: релевантности раскрываемых сведений потребительским рискам, согласованности информации по всем каналам взаимодействия, объяснимости цифровых практик, аутентичности пользовательского контента и встроенности открытости в операционные бизнес-процессы [5; 8; 10]. Совокупное соблюдение указанных условий определяет переход прозрачности из декларативной нормы в категорию управляемого экономического ресурса.

Заключение

Результаты исследования подтверждают, что информационная прозрачность является значимым фактором формирования потребительского доверия и улучшения экономических результатов бизнеса в цифровой среде. Характер данного влияния опосредован: прозрачность снижает неопределённость, делает поведение компании объяснимым и верифицируемым, тем самым повышая вероятность первичной покупки, повторного взаимодействия и положительной рекомендации бренда.

При этом прозрачность не может рассматриваться как изолированная коммуникационная практика – по своей функциональной природе она представляет собой межфункциональную систему координации ожиданий между компанией и потребителем. Наибольший эффект достигается при условии охвата всех уровней взаимодействия: сообщений бренда, характеристик продукта, правил сервиса, цифровых процедур и пользовательских подтверждений. Совокупное воздействие данных элементов проявляется в четырёх контурах: в маркетинговом – через рост конверсии; в сервисном и операционном – через сокращение конфликтных обращений, возвратов и затрат на устранение информационной неопределённости; в стратегическом – через укрепление репутационной устойчивости.

На основании изложенного информационную прозрачность целесообразно квалифицировать как ресурс повышения управляемости бизнеса, функционально выходящий за пределы этического требования рынка. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой

отраслевых моделей оценки вклада отдельных форм прозрачности в потребительское доверие, лояльность и финансовые показатели компаний.

Литература

1. Фролова Е. В., Тюриков А. Г. Механизмы формирования доверия в экономике: специфика и оценка функционального состояния // Народонаселение. 2024. Т. 27, № 2. С. 14–25.
2. Sansome K., Conduit J., Wilkie D. Consumers demand transparency… but do they actually engage? Exploring motives and interactions with brand transparency information // Journal of Business Research. 2025. Vol. 194. Art. 115386.
3. Cloarec J., Meyer-Waarden L., Munzel A. Transformative privacy calculus: Conceptualizing the personalization-privacy paradox on social media // Psychology & Marketing. 2024. Vol. 41, No. 7. P. 1574–1596.
4. Sun C., Ji J., Meng X. Transparency as a Trust Catalyst: How Self-Disclosure Strategies Reshape Consumer Perceptions of Unhealthy Food Brands on Digital Platforms // Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. 2025. Vol. 20, No. 2. Art. 133.
5. Schilke O., Reimann M. The transparency dilemma: How AI disclosure erodes trust // Organizational Behavior and Human Decision Processes. 2025. Vol. 188. Art. 104405.
6. Айрапетян Д. Р., Дарбинян С. О. Роль персонализации в формировании цифрового доверия и импульсивных покупок в электронной коммерции // Теоретическая и экспериментальная психология. 2025. Т. 18, № 2. С. 120–137.
7. Сухостав Е. В. Влияние пользовательского контента на доверие к бренду // Экономика и бизнес: теория и практика. 2025. № 10. С. 265–269.
8. Nguyen M. H., Nguyen D. H. How do transparency and traceability enhance purchasing behaviors via consumer trust? Insights for food supply chains // Journal of Consumer Marketing. 2025. Early Cite.
9. Андриенко А. С. Имидж и репутация бренда в цифровой среде: оценка и развитие // Экономика и бизнес: теория и практика. 2026. № 2. С. 12–18.
10. Russell C. A., Hamby A., Feiereisen S., Schau H. J. The brand backstory and the strategic performance of transparency // Journal of Marketing. 2026. First published online.

The impact of information transparency on consumer confidence and business economic results

Tereshkov A.Yu., Andreev V.I.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article analyzes the role of information transparency in the formation of consumer confidence and economic results of companies operating in a digital environment. The key thesis is that transparency is not an autonomous communicative norm: its function is to reduce uncertainty, align the expectations of the parties and reduce the transaction costs of interaction. On this basis, the paper delineates the forms of transparency, identifies the channels of its impact on trust, and suggests criteria for assessing the economic effect. It has been established that the effectiveness of transparency increases significantly where it is integrated into the company's marketing, service and operational processes, rather than being implemented as a separate communication practice.

Keywords: information transparency, consumer trust, digital marketing, brand reputation, personalization, user-generated content, business performance, customer experience.

References

1. Frolova E. V., Tyurikov A. G., “Trust-Formation Mechanisms in the Economy: Specifics and Assessment of the Functional State,” in Population. 2024. Vol. 27, No. 2, pp. 14–25.
2. Sansome K., Conduit J., Wilkie D., “Consumers Demand Transparency… But Do They Actually Engage?” in Exploring Motives and Interactions with Brand Transparency Information, Journal of Business Research. 2025. Vol. 194, pp. 115–386.
3. Cloarec J., Meyer-Waarden L., Munzel A., “Transformative Privacy Calculus: Conceptualizing the Personalization-Privacy Paradox on Social Media,” in Psychology & Marketing. 2024. Vol. 41, No. 7, pp. 1574–1596.
4. Sun C., Ji J., Meng X. Transparency as a Trust Catalyst: How Self-Disclosure Strategies Reshape Consumer Perceptions of Unhealthy Food Brands on Digital Platforms // Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. 2025. Vol. 20, No. 2. Art. 133.
5. Schilke O., Reimann M. The transparency dilemma: How AI disclosure erodes trust // Organizational Behavior and Human Decision Processes. 2025. Vol. 188. Art. 104405.
6. Airapetyan D. R., Darbinyan S. O. The role of personalization in the formation of digital trust and impulsive purchases in e-commerce // Theoretical and Experimental Psychology. 2025. Vol. 18, No. 2. pp. 120–137.
7. Sukhostav E. V. The Impact of User-Generated Content on Brand Trust // Economy and Business: Theory and Practice. 2025. No. 10. pp. 265–269.
8. Nguyen M. H., Nguyen D. H. How do transparency and traceability enhance purchasing behaviors via consumer trust? Insights for food supply chains // Journal of Consumer Marketing. 2025. Early Cite.
9. Andrienko A. S. Brand Image and Reputation in the Digital Environment: Assessment and Development // Economy and Business: Theory and Practice. 2026. No. 2. pp. 12–18.
10. Russell C. A., Hamby A., Feiereisen S., Schau H. J. The Brand Backstory and the Strategic Performance of Transparency // Journal of Marketing. 2026. First published online.

Методический подход к количественной оценке информационного риска в экономическом пространстве промышленной организации

Филиппов Павел Олегович
аспирант, Университет «Синергия»

В условиях конвергенции IT/OT-контуров промышленных предприятий информационный риск приобретает выраженное экономическое содержание: реализация угроз способна вызывать каскадные последствия для производственных, управленческих и финансовых процессов, выходящие за рамки непосредственно затронутого актива. Существующие методы оценки информационного риска в большинстве случаев ограничены качественными подходами и не позволяют обосновать выбор защитных мероприятий с позиции соотношения затрат и предотвращённого ущерба. В статье предложен методический подход к количественной оценке информационного риска в экономическом пространстве промышленной организации. Экономическое пространство предприятия формализовано в виде графовой модели, узлы которой отражают информационные активы и производственно-технологические системы, а рёбра – их взаимосвязи. Разработана экономико-математическая модель, в которой риск оценивается как функция вероятности угрозы, уязвимости, эффективности защитных мер и многокомпонентного экономического ущерба с учётом коэффициента распространения последствий по графу зависимостей предприятия. Предложен алгоритм приоритизации защитных мероприятий, основанный на показателе экономической эффективности и оптимизационной постановке задачи выбора мер при бюджетном ограничении. Результаты применимы для обоснования затрат на информационную безопасность и повышения устойчивости производственно-экономических процессов промышленных организаций.

Ключевые слова: информационный риск, экономическое пространство, промышленная организация, количественная оценка риска, экономический ущерб, защитные мероприятия, критическая информационная инфраструктура.

Введение

Цифровизация промышленности формирует устойчивую зависимость производственных, управленческих и финансово-экономических процессов от состояния информационной инфраструктуры предприятия. Современная промышленная организация включает не только корпоративные информационные системы, но и производственно-технологический контур: АСУ ТП, SCADA, MES, ERP, WMS, промышленные сети и каналы обмена данными с внешними контрагентами. В таких условиях нарушение конфиденциальности, целостности или доступности информации может приводить не только к техническим сбоям, но и к простою оборудования, нарушению производственного цикла, росту восстановительных затрат, срыву договорных обязательств и потере прибыли [1; 4]. Следовательно, информационный риск промышленного предприятия приобретает выраженное экономическое содержание и требует соответствующего методического инструментария.

В отечественной литературе информационная безопасность рассматривается как значимый элемент экономической безопасности организации, от состояния которой зависит устойчивость управления, сохранность коммерчески значимых данных и непрерывность ключевых бизнес-процессов [1; 2; 4]. В зарубежных исследованиях показано, что развитие концепции Industry 4.0 расширяет поверхность атаки промышленных систем, а киберинциденты в ICS-среде способны вызывать физический ущерб, прерывание деятельности и потерю прибыли [12; 13]. При этом наиболее перспективным направлением признаётся переход от качественной классификации угроз к вероятностным и экономически интерпретируемым моделям оценки риска, включая байесовские сети, графы атак и стоимостные риск-метрики [12; 14; 15]. Вместе с тем в практике отечественных промышленных организаций по-прежнему преобладают качественные методы – экспертные шкалы и матрицы риска, – которые не позволяют в полной мере обосновать выбор защитных мероприятий с позиции соотношения затрат и предотвращённого ущерба [3; 9; 11]. Это обусловливает необходимость разработки количественного методического подхода, адаптированного к специфике российских промышленных организаций.

Целью статьи является разработка методического подхода к количественной оценке информационного риска в экономическом пространстве промышленной организации. Для её достижения систематизированы зарубежные подходы к количественной оценке киберрисков промышленных систем, определены особенности российского контекста, предложена экономико-математическая модель оценки риска и ущерба, а также алгоритм приоритизации защитных мероприятий. Научная новизна работы состоит в том, что в отличие от существующих зарубежных моделей, рассматривающих риск на уровне отдельных ИТ-активов, предложенная модель включает коэффициент распространения ущерба, отражающий каскадное воздействие инцидента на взаимосвязанные производственно-экономические процессы предприятия, и учитывает нормативные требования в сфере защиты критической информационной инфраструктуры Российской Федерации.

1. Обзор зарубежных подходов к количественной оценке киберрисков промышленных систем

В зарубежной литературе количественная оценка киберрисков промышленных систем развивается на пересечении экономики информационной безопасности, риск-менеджмента, теории надёжности и анализа киберфизических систем. В отличие от качественных методов, основанных на экспертных шкалах и матрицах риска, количественный подход позволяет связать вероятность реализации угрозы, уязвимость инфраструктуры и величину потенциального ущерба в единой аналитической модели.

Базовым направлением является экономический подход к информационной безопасности. В классической работе L. Gordon и M. Loeb информационная безопасность рассматривается как объект инвестиционного выбора: оптимальный объём затрат на защиту определяется соотношением между ожидаемым снижением риска и стоимостью защитных мероприятий [13]. R. Bojanc и B. Jerman-Blažič развивают эту логику, предлагая экономическую модель, включающую оценку потенциального ущерба и затрат на его снижение, применимую к корпоративным

информационным системам [14]. Для промышленных предприятий данные подходы требуют существенного расширения, поскольку последствия инцидентов выражаются не только в потере данных, но и в простое производства, повреждении оборудования, нарушении поставок и снижении прибыли.

Значительное место в зарубежных исследованиях занимают вероятностные методы: байесовские сети, марковские модели, деревья и графы атак. J. Wang, M. Neil и N. Fenton предлагают подход к оценке киберриска на основе байесовских сетей и FAIR-модели, позволяющий учитывать причинно-следственные связи между факторами риска и обновлять вероятностные оценки при поступлении новой информации [15]. Для промышленных систем особую значимость имеют графовые методы моделирования атак: attack trees, attack-defense trees и attack graphs позволяют представить сценарии распространения воздействия между элементами IT/OT-инфраструктуры. M. Eckhart и соавторы подчёркивают, что такие методы наиболее перспективны для ICS-среды, поскольку учитывают взаимосвязь технических компонентов, производственных процессов и экономических последствий [12]. В условиях дефицита статистики по киберинцидентам широко применяются имитационное моделирование (метод Монте-Карло) и стоимостные риск-метрики – Value at Risk и Cyber VaR, – позволяющие оценивать предельный возможный ущерб при заданном уровне доверия и переводить киберриск на язык финансового риск-менеджмента [12; 14]. Сравнительная характеристика рассмотренных подходов представлена в таблице (см.

Таблица).

Таблица 1

Сравнительная характеристика зарубежных подходов к количественной оценке киберрисков промышленных систем

Подход	Преимущества	Ограничения
Экономическая модель инвестиций в ИБ	Обосновывает затраты на защиту как инвестиции в снижение риска	Требует оценки вероятности инцидента и ущерба
Байесовские сети	Учитывает неопределённость и причинно-следственные связи	Зависит от качества исходных вероятностей
Деревья и графы атак	Подходит для сложной IT/OT-инфраструктуры	Сложность построения при большом числе активов
Метод Монте-Карло	Позволяет оценить распределение возможных потерь	Требует задания распределений параметров
VaR / Cyber VaR	Переводит риск в финансовые показатели	Может недооценивать редкие экстремальные события

Анализ зарубежных подходов показывает устойчивую тенденцию к переходу от описательной классификации угроз к вероятностным и экономически интерпретируемым моделям. Для настоящего исследования ключевое значение имеет интеграция трёх элементов: вероятности реализации угрозы, структуры взаимосвязей между элементами промышленной организации и величины экономического ущерба. Вместе с тем зарубежные методы требуют адаптации к российскому контексту: отечественные промышленные предприятия функционируют в иной нормативной среде и сталкиваются с ограниченной доступностью статистики по инцидентам, что обусловливает необходимость сочетания вероятностного и сценарного подходов.

2. Особенности оценки информационного риска промышленных организаций РФ

Оценка информационного риска промышленных организаций Российской Федерации имеет ряд специфических черт, обусловленных характером производственной инфраструктуры, нормативной средой, отраслевой неоднородностью и ограниченной доступностью данных об инцидентах. Совокупность этих факторов определяет требования к структуре методического подхода.

Первая особенность – высокая зависимость от производственно-технологического контура и внешних связей. Информационная инфраструктура промышленной организации включает не только офисные системы, но и АСУ ТП, SCADA, MES, ERP, WMS, промышленные сети, системы удалённого доступа и каналы обмена данными с поставщиками, подрядчиками и логистическими партнёрами. Нарушение защищённости одного элемента способно повлечь сбои в смежных процессах: инцидент в корпоративной сети может нарушить обмен данными с производственными системами, исказить управленческую информацию или остановить отдельные участки производства. Следовательно, при оценке риска необходимо учитывать не только критичность отдельного актива, но и его роль в системе производственных и экономических взаимосвязей.

Вторая особенность определяется нормативной средой. Для значительной части промышленных организаций актуальны требования в сфере защиты критической информационной инфраструктуры: Федеральный закон № 187-ФЗ закрепляет правовые основы её безопасности [5], приказ ФСТЭК России № 239 устанавливает требования к созданию и функционированию системы безопасности значимых объектов КИИ [6], а Указ Президента РФ № 250 усиливает организационную ответственность за данное направление [7]. Таким образом, информационная безопасность выступает не только технической и управленческой задачей, но и фактором нормативного соответствия, нарушение которого имеет прямые экономические последствия – в том числе в виде регуляторных санкций.

Третья особенность заключается в отраслевой и технологической неоднородности. Риски машиностроительного, металлургического, энергетического или химического предприятия существенно различаются по характеру угроз, типу критичных активов и структуре возможного ущерба. Для одних организаций ключевым последствием инцидента станет простой производственной линии, для других – нарушение качества продукции, повреждение оборудования или утрата технологической документации. Поэтому модель оценки информационного риска должна допускать настройку параметров под конкретную отрасль и тип производственного процесса.

Четвёртая особенность связана с дефицитом открытых и репрезентативных данных о киберинцидентах. В отличие от западных рынков, где данные о частоте и ущербе от атак агрегируются страховыми компаниями и отраслевыми ассоциациями, российские промышленные организации не раскрывают подобные сведения по соображениям безопасности и репутации. В этих условиях целесообразно сочетать данные внутреннего мониторинга, экспертные оценки, результаты аудитов и каталоги угроз – в частности, Банк данных угроз ФСТЭК России [8].

Пятая особенность состоит в необходимости экономической интерпретации ущерба. В состав ущерба промышленной организации следует включать потери от простоя, недополученную прибыль, восстановительные затраты, материальный ущерб, штрафные и договорные санкции, а также расходы на выполнение регуляторных требований после инцидента. Это соответствует логике стандартов управления рисками ISO/IEC 27005 [10] и ISO 31000 [11], согласно которым риск оценивается через вероятность события и его последствия.

Совокупность перечисленных особенностей обусловливает требования к методическому подходу: он должен быть риск-ориентированным, экономически интерпретируемым, учитывать взаимосвязанность элементов предприятия и быть адаптируемым к условиям ограниченной статистики. Именно эти требования положены в основу экономико-математической модели, предложенной в следующем разделе.

3. Экономико-математическая модель оценки риска и ущерба

Для количественной оценки информационного риска промышленной организации необходимо формализовать связь между информационной угрозой, уязвимостью элемента экономического пространства, вероятностью реализации инцидента и величиной возможного экономического ущерба. В рамках настоящего исследования информационный риск рассматривается как ожидаемая величина экономических потерь, возникающих вследствие нарушения конфиденциальности, целостности или доступности информационных и производственно-технологических систем предприятия.

Экономическое пространство промышленной организации представляется в виде графа:

$$G = (V, E),$$

где G – граф экономического пространства промышленной организации; V – множество узлов, отражающих информационные активы, производственные процессы, управленческие функции, технологические системы и внешние связи; E – множество рёбер, характеризующих информационные, производственные, организационные и экономические взаимосвязи между элементами. К числу узлов графа относятся ERP-система, MES-система, SCADA, АСУ ТП, производственные участки, серверы баз данных, каналы удалённого доступа, поставщики и подрядчики. Такое представление позволяет рассматривать информационный риск с учётом распространения последствий инцидента по взаимосвязанным элементам экономического пространства, а не изолированно на уровне отдельного актива.

Информационный риск по сценарию s оценивается как произведение вероятности реализации сценария и величины экономического ущерба:

$$R_s = P_s \cdot L_s,$$

где R_s – ожидаемый информационный риск по сценарию s; P_s – вероятность реализации сценария; L_s – величина экономического ущерба при реализации сценария. Совокупный ожидаемый информационный риск промышленной организации по всем сценариям $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$:

$$R = \sum_{s=1}^{n} P_s \cdot L_s.$$

Данная форма записи соответствует логике стандартов ISO/IEC 27005 [10] и ISO 31000 [11], в которых риск определяется через вероятность события и его последствия, и согласуется с подходом FAIR, реализованным в байесовских моделях [15].

Вероятность реализации сценария формализуется как:

$$P_s = Q_s * U_s * (1 - Z_s),$$

где Q_s – вероятность или интенсивность возникновения угрозы; U_s – уровень уязвимости соответствующего элемента экономического пространства; Z_s – уровень защищённости или эффективность действующих мер защиты. Все три параметра нормируются в диапазоне $[0; 1]$. Мультипликативная форма отражает условную природу реализации угрозы: инцидент возможен только при одновременном наличии активной угрозы, уязвимого элемента и недостаточной защиты – что соответствует классической триаде «угроза – уязвимость – защита» в моделях оценки информационного риска [12; 14]. При $Z_s = 0$ защитные меры по данному сценарию отсутствуют; при $Z_s = 1$ сценарий полностью нейтрализован. На практике значение Z_s не достигает единицы, что позволяет модели явно учитывать остаточный риск.

Экономический ущерб от реализации информационного сценария предлагается рассматривать как сумму нескольких компонентов:

$$L_s = L_s^{BI} + L_s^{LOP} + L_s^{PD} + L_s^{REC} + L_s^{REG} + L_s^{REP},$$

Состав и расчётные формулы каждого компонента представлены в таблице (см.

Таблица).

Таблица 2
Компоненты экономического ущерба от реализации информационного сценария

Компонент	Обозначение	Формула	Содержание
Прерывание бизнес-процессов	L_s^{BI}	$C_h * H_s$	C_h — стоимость одного часа простоя; H_s — продолжительность простоя
Недополученная прибыль	L_s^{LOP}	$\Pi_h * H_s$	Π_h — средняя прибыль предприятия за один час нормального функционирования
Физический и материальный ущерб	L_s^{PD}	$C_s^{eq} + C_s^{mat} + C_s^{def}$	Стоимость повреждённого оборудования, испорченного сырья и потерь от брака
Затраты на восстановление	L_s^{REC}	$C_s^{diag} + C_s^{repair} + C_s^{replace} + C_s^{staff} + C_s^{other}$	Диагностика, восстановление систем, замена оборудования, персонал, прочие расходы
Регуляторные и договорные потери	L_s^{REG}	$F_s + A_s + D_s$	Штрафы и санкции ФСТЭК [5; 6], договорные санкции, расходы на аудит
Репутационные потери	L_s^{REP}	$\Delta Rev_s * k_s$	ΔRev_s — снижение выручки; k_s — доля снижения, обусловленная инцидентом

Для учёта взаимосвязанности элементов экономического пространства вводится коэффициент распространения ущерба $K_s^{prop} \geq 1$, отражающий каскадное воздействие инцидента на смежные процессы. При локализованном инциденте $K_s^{prop} = 1$; при распространении последствий на взаимосвязанные элементы значение коэффициента превышает единицу. Количественно K_s^{prop} определяется на основе анализа графа G: он рассчитывается как отношение совокупного ущерба по всем достижимым из узла v_i вершинам к прямому ущербу в точке инцидента, что может быть оценено экспертно или через коэффициент достижимости в графе зависимостей. Например, сбой в системе управления складом способен повлиять на логистику, производственное планирование и отгрузку продукции, увеличивая итоговый ущерб относительно прямых восстановительных затрат.

С учётом коэффициента распространения итоговая оценка риска по сценарию:

$$R_s^* = Q_s \cdot U_s \cdot (1 - Z_s) \cdot L_s \cdot K_s^{prop}.$$

Совокупный информационный риск промышленной организации:

$$R^* = \sum_{s=1}^{n} Q_s \cdot U_s \cdot (1 - Z_s) \cdot L_s \cdot K_s^{prop}.$$

Для иллюстрации логики расчёта в таблице (см.

Таблица) приведены условные значения параметров для трёх типовых сценариев, характерных для промышленного предприятия. Параметры модели в реальном применении определяются на основе данных внутреннего аудита, экспертных оценок, статистики инцидентов и каталогов угроз ФСТЭК России [8].

Таблица 3
Расчёт информационного риска по сценариям реализации угроз

Сценарий риска	Критичный элемент	Q_s	U_s	Z_s	P_s	L_s, руб.	K_s^{prop}	R_s^*, руб.
S_1	SCADA	0,3	0,7	0,4	0,13	5 000 000	1,4	882 000
S_2	ERP	0,25	0,6	0,5	0,08	3 000 000	1,2	270 000
S_3	Канал удалённого доступа	0,4	0,8	0,3	0,22	4 000 000	1,5	1 344 000

Предложенная модель обладает рядом преимуществ: она представляет информационный риск в денежном выражении, учитывает специфику промышленных организаций через многокомпонентную структуру ущерба, отражает взаимосвязанность элементов экономического пространства через K_s^{prop} и создаёт основу для приоритизации защитных мероприятий. Вместе с тем точность оценки зависит от качества исходных данных; репутационные потери и параметры K_s^{prop} могут быть определены лишь приближённо, а параметры вероятности требуют периодического пересмотра по мере изменения угроз и архитектуры предприятия.

4. Алгоритм приоритизации рисков и защитных мер

После количественной оценки информационного риска возникает задача выбора защитных мероприятий. Для промышленной организации она имеет экономический характер, поскольку ресурсы на обеспечение информационной безопасности ограничены, а внедрение защитных мер должно быть соотнесено с ожидаемым снижением ущерба. Поэтому приоритизация должна основываться не только на технической критичности уязвимостей, но и на величине ожидаемого экономического эффекта.

Приоритизация осуществляется в два этапа: на первом ранжируются сценарии риска по величине R_s^*, рассчитанной в соответствии с предложенной выше моделью; на втором выбираются защитные мероприятия, обеспечивающие наибольшее снижение риска на единицу затрат. Такой подход позволяет избежать ситуации, при которой ресурсы направляются на устранение технически заметных, но экономически второстепенных угроз.

Для каждого защитного мероприятия m_j определяется его стоимость C_j и ожидаемое снижение риска ΔR_j. Снижение риска может достигаться через уменьшение вероятности реализации угрозы, снижение уязвимости, повышение уровня защищённости или сокращение возможного ущерба – за счёт сегментации сети, резервного копирования, мониторинга событий, обучения персонала и иных мер. Экономическая эффективность защитного мероприятия:

$$E_j = \frac{\Delta R_j}{C_j},$$

где E_j – показатель экономической эффективности защитной меры; ΔR_j – снижение ожидаемого риска после внедрения меры; C_j – стоимость внедрения и эксплуатации защитной меры. Чем выше значение E_j, тем больше снижение риска на один рубль затрат. Если мероприятие снижает риск сразу по нескольким сценариям, его совокупный эффект:

$$\Delta R_j = \sum_{s=1}^{n} \left(R_s^{before} - R_{sj}^{after}\right),$$

где R_s^{before} – величина риска по сценарию s до внедрения мероприятия; R_{sj}^{after} – величина риска по сценарию s после внедрения мероприятия. Риск после внедрения меры:

$$R_{sj}^{after} = Q_{sj}^{after} \cdot U_{sj}^{after} \cdot \left(1 - Z_{sj}^{after}\right) \cdot L_{sj}^{after} \cdot K_{sj}^{prop,after}.$$

Сравнение R_s^{before} и R_{sj}^{after} позволяет оценить канал воздействия конкретной меры. Например, сегментация IT/OT-сети снижает вероятность распространения атаки между контурами, уменьшая Q_s и K_s^{prop}; резервное копирование сокращает продолжительность простоя и восстановительные затраты, снижая L_s^{REC} и L_s^{BI}; многофакторная аутентификация удалённого доступа повышает Z_s, снижая вероятность реализации сценария P_s.

Алгоритм приоритизации включает следующие шаги.

Шаг 1. Ранжирование сценариев по величине R_s^* в порядке убывания ожидаемого риска.

Шаг 2. Формирование перечня защитных мероприятий для приоритетных сценариев: технических, организационных, регламентных и кадровых.

Шаг 3. Оценка стоимости каждого мероприятия C_j, включая затраты на приобретение, настройку, сопровождение, обучение персонала и аудит.

Шаг 4. Расчёт остаточного риска R_{sj}^{after} для каждого мероприятия.

Шаг 5. Расчёт снижения риска ΔR_j и показателя экономической эффективности E_j.

Шаг 6. Ранжирование мероприятий по значению E_j и формирование итогового перечня с учётом бюджетного ограничения.

Шаг 7. Повторная оценка риска после внедрения мер и актуализация параметров модели.

Для формализации выбора защитных мероприятий при ограниченном бюджете B используется оптимизационная постановка задачи:

$$\max \sum_{j=1}^{k} x_j \Delta R_j$$

при ограничении:

$$\sum_{j=1}^{k} x_j C_j \le B,$$

где $x_j \in \{0,1\}$ – бинарная переменная, принимающая значение 1, если защитная мера j выбрана, и 0 – если не выбрана; ΔR_j – снижение риска от внедрения меры; C_j – стоимость меры; B – доступный бюджет на защитные мероприятия; k – количество рассматриваемых мер. Данная постановка соответствует задаче о рюкзаке и позволяет выбрать набор мер, обеспечивающий максимальное снижение ожидаемого информационного риска при заданных ресурсах. В расширенной версии модели могут дополнительно учитываться обязательные нормативные меры в соответствии с требованиями ФСТЭК России [6; 8], зависимость эффекта одной меры от внедрения другой, а также ограничения по срокам реализации.

Результаты приоритизации представляются в форме таблицы (см.

Таблица), позволяющей сопоставить стоимость каждого мероприятия, величину предотвращённого риска и показатель экономической эффективности.

Таблица 4

Приоритизация защитных мероприятий по критерию снижения риска

Защитная мера	Сценарии риска	Стоимость C_j, руб.	Риск до внедрения, руб.	Риск после внедрения, руб.	ΔR_j, руб.	E_j
Сегментация IT/OT-сети	S_1, S_3	1 200 000	2 226 000	1 100 000	1 126 000	0,94
Резервное копирование критичных систем	S_2, S_3	600 000	1 614 000	850 000	764 000	1,27
Многофакторная аутентификация удалённого доступа	S_3	300 000	1 344 000	700 000	644 000	2,15
Мониторинг событий ИБ	S_1, S_2, S_3	900 000	2 496 000	1 500 000	996 000	1,11

По данным таблицы 4 наиболее эффективной мерой является многофакторная аутентификация удалённого доступа: она обеспечивает наибольшее снижение риска на один рубль затрат ($E_j = 2{,}15$). Вместе с тем итоговое управленческое решение должно учитывать не только значение E_j, но и нормативные требования, критичность защищаемых процессов, совместимость мер и остаточный риск после их внедрения, который подлежит периодическому пересмотру по мере развития угроз.

Преимущество предложенного алгоритма состоит в том, что он связывает технические мероприятия по защите информации с экономическим результатом. Руководство промышленной организации получает возможность оценить не только уровень риска, но и ожидаемый эффект от конкретных мер защиты, что позволяет перейти от реактивного подхода к риск-ориентированному управлению, основанному на сопоставлении затрат и предотвращённого ущерба.

Заключение

В статье разработан методический подход к количественной оценке информационного риска в экономическом пространстве промышленной организации. Показано, что в условиях конвергенции IT/OT-контуров информационный риск приобретает выраженное экономическое содержание: реализация угроз способна вызывать каскадные последствия для производственных, управленческих и финансовых процессов предприятия, выходящие за рамки непосредственно затронутого информационного актива.

Научный вклад работы состоит в трёх взаимосвязанных результатах. Во-первых, предложена экономико-математическая модель, в которой риск формализован как функция вероятности угрозы, уязвимости, эффективности защитных мер, многокомпонентного экономического ущерба и коэффициента распространения последствий K_s^{prop}, учитывающего каскадное воздействие инцидента по графу зависимостей предприятия. Во-вторых, структура ущерба адаптирована к российскому нормативному контексту, включая регуляторные санкции в рамках требований ФЗ-187 и приказа ФСТЭК № 239. В-третьих, предложен алгоритм приоритизации защитных мероприятий, основанный на показателе экономической эффективности $E_j = \Delta R_j / C_j$ и оптимизационной постановке задачи выбора мер при бюджетном ограничении.

Точность модели определяется качеством исходных данных; такие компоненты, как репутационные потери и коэффициент K_s^{prop}, могут быть оценены лишь приближённо, а параметры вероятности требуют периодического пересмотра.

Дальнейшее развитие исследования целесообразно направить на апробацию модели на материалах конкретных промышленных организаций, уточнение метода расчёта K_s^{prop} на основе реальных данных мониторинга, а также на интеграцию имитационного моделирования для оценки распределения потерь в условиях неопределённости.

Литература

1. Бендиков М. А. Экономическая безопасность промышленного предприятия в условиях кризисного развития / М. А. Бендиков, И. Э. Фролов // Менеджмент в России и за рубежом. — 2005. — № 1. — С. 17–29.
2. Ибрагимова З. М. Информационная безопасность как элемент экономической безопасности / З. М. Ибрагимова, З. Б. Батчаева, А. Л. Ткаченко // Инженерный вестник Дона. — 2022. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-bezopasnost-kak-element-ekonomicheskoy-bezopasnosti-1 (дата обращения: 03.05.2026).
3. Юнкерова Ю. И. Экономико-математические методы управления информационными рисками / Ю. И. Юнкерова // Петербургский экономический журнал. — 2014. — № 1. — С. 59–67.
4. Мамателашвили О. В. Влияние цифровизации на экономическую безопасность промышленных предприятий России / О. В. Мамателашвили // Вестник науки. — 2025. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovizatsii-na-ekonomicheskuyu-bezopasnost-promyshlennyh-predpriyatiy-rossii (дата обращения: 03.05.2026).
5. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации : Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: КонсультантПлюс. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/ (дата обращения: 03.05.2026).
6. Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации : Приказ ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: fstec.ru. — URL: https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-25-dekabrya-2017-g-n-239 (дата обращения: 03.05.2026).
7. О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 01.05.2022 № 250 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: pravo.gov.ru. — URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205010023 (дата обращения: 03.05.2026).
8. Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК России [Электронный ресурс]. — URL: https://bdu.fstec.ru/threat (дата обращения: 03.05.2026).
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005–2010. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности. — М. : Стандартинформ, 2011.
10. ISO/IEC 27005:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Guidance on managing information security risks. — Geneva : ISO, 2022. — 70 p.
11. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines. — Geneva : ISO, 2018.
12. Eckhart M. Quantitative Security Risk Assessment for Industrial Control Systems: Research Opportunities and Challenges / M. Eckhart, B. Brenner, A. Ekelhart, E. Weippl // Journal of Internet Services and Information Security. — 2019. — Vol. 9, No. 3. — P. 52–73.

13. Gordon L. A. The Economics of Information Security Investment / L. A. Gordon, M. P. Loeb // ACM Transactions on Information and System Security. — 2002. — Vol. 5, No. 4. — P. 438–457.

14. Bojanc R. An economic modelling approach to information security risk management / R. Bojanc, B. Jerman-Blažič // International Journal of Information Management. — 2008. — Vol. 28, No. 5. — P. 413–422.

15. Wang J. A Bayesian network approach for cybersecurity risk assessment implementing and extending the FAIR model / J. Wang, M. Neil, N. Fenton // Computers & Security. — 2020. — Vol. 89. — Article 101659.

A Methodological Approach to the Quantitative Assessment of Information Risk within the Economic Space of an Industrial Organisation

Filippov P.O.
Postgraduate of University "Synergy"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The convergence of IT and OT systems at industrial enterprises gives information risk a pronounced economic dimension: the realisation of threats can trigger cascading consequences across production, management and financial processes that extend well beyond the directly affected asset. Existing information risk assessment methods are predominantly qualitative and do not provide sufficient grounds for selecting security countermeasures based on the cost-to-benefit ratio of risk reduction. This article proposes a methodological approach to the quantitative assessment of information risk within the economic space of an industrial organisation. The enterprise's economic space is formalised as a graph model whose nodes represent information assets and production-technology systems, and whose edges represent their interdependencies. An economic-mathematical model is developed in which risk is assessed as a function of threat probability, vulnerability, the effectiveness of existing security controls, and a multi-component economic damage measure that incorporates a damage propagation coefficient reflecting cascading effects across the enterprise's dependency graph. An algorithm for prioritising security countermeasures is proposed, based on a cost-effectiveness indicator and an optimisation formulation of countermeasure selection under budget constraints. The results are applicable to justifying information security expenditures and strengthening the operational resilience of industrial organisations.

Keywords: information risk, economic space, industrial organisation, quantitative risk assessment, economic damage, security countermeasures, critical information infrastructure.

References

1. Bendikov M. A. Economic Security of an Industrial Enterprise in the Context of Crisis Development / M. A. Bendikov, I. E. Frolov // Management in Russia and Abroad. - 2005. - No. 1. - Pp. 17-29.
2. Ibragimova Z. M. Information Security as an Element of Economic Security / Z. M. Ibragimova, Z. B. Batchaeva, A. L. Tkachenko // Engineering Bulletin of the Don. - 2022. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-bezopasnost-kak-element-ekonomicheskoy-bezopasnosti-1 (date of access: 03.05.2026).
3. Junkerova Yu. I. Economic and Mathematical Methods of Information Risk Management / Yu. I. Junkerova // Petersburg Economic Journal. - 2014. - No. 1. - Pp. 59-67.
4. Mamatelashvili O. V. The Impact of Digitalization on the Economic Security of Industrial Enterprises in Russia / O. V. Mamatelashvili // Science Bulletin. - 2025. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovizatsii-na-ekonomicheskuyu-bezopasnost-promyshlennyh-predpriyatiy-rossii (date of access: 03.05.2026).
5. On the Security of Critical Information Infrastructure of the Russian Federation: Federal Law of 26.07.2017 No. 187-FZ [Electronic resource]. — Access mode: ConsultantPlus. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/ (date accessed: 03.05.2026).
6. On approval of the Requirements for ensuring the security of significant objects of the critical information infrastructure of the Russian Federation: Order of the FSTEC of Russia dated 25.12.2017 No. 239 [Electronic resource]. — Access mode: fstec.ru. — URL: https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-25-dekabrya-2017-g-n-239 (date accessed: 03.05.2026).
7. On additional measures to ensure information security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of 01.05.2022 No. 250 [Electronic resource]. — Access mode: pravo.gov.ru. — URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205010023 (date of access: 03.05.2026).
8. Database of information security threats of the FSTEC of Russia [Electronic resource]. — URL: https://bdu.fstec.ru/threat (date of access: 03.05.2026).
9. GOST R ISO/IEC 27005–2010. Information technology. Methods and means of security. Information security risk management. - M.: Standartinform, 2011.
10. ISO/IEC 27005:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection — Guidance on managing information security risks. - Geneva: ISO, 2022. - 70 p.
11. ISO 31000:2018. Risk management - Guidelines. - Geneva: ISO, 2018.
12. Eckhart M. Quantitative Security Risk Assessment for Industrial Control Systems: Research Opportunities and Challenges / M. Eckhart, B. Brenner, A. Ekelhart, E. Weippl // Journal of Internet Services and Information Security. — 2019. — Vol. 9, No. 3. - P. 52–73.
13. Gordon L. A. The Economics of Information Security Investment / L. A. Gordon, M. P. Loeb // ACM Transactions on Information and System Security. - 2002. - Vol. 5, No. 4. - P. 438–457.
14. Bojanc R. An economic modeling approach to information security risk management / R. Bojanc, B. Jerman-Blažič // International Journal of Information Management. - 2008. - Vol. 28, No. 5. - P. 413–422.
15. Wang J. A Bayesian network approach for cybersecurity risk assessment implementing and extending the FAIR model / J. Wang, M. Neil, N. Fenton // Computers & Security. — 2020. — Vol. 89. - Article 101659.

Трансформация управленческих компетенций в условиях формирования цифровой экосистемы предприятия

Силакова Вера Владимировна
д.э.н., профессор, кафедра менеджмента МУИВ,

Чичин Илья Александрович
аспирант, Московская международная академия

В статье анализируется изменение требований к профессиональным компетенциям управленческого звена в условиях цифровизации бизнес-процессов. Рассматривается концепция цифровой экосистемы предприятия как новой среды взаимодействия. Автор выделяет ключевые «мягкие» и «цифровые» навыки, необходимые для эффективного управления в современных экономических системах. Особое внимание уделено барьерам адаптации персонала к новым технологическим решениям.
Ключевые слова: управленческие компетенции, цифровая экосистема, человеческий капитал, soft skills, цифровая трансформация, менеджмент.

В условиях глобальной цифровой трансформации современная экономика характеризуется масштабным переходом от традиционных линейных бизнес-моделей к сложным экосистемным взаимодействиям [3]. Если ранее конкурентоспособность предприятия определялась эффективностью отдельных производственных цепочек, то сегодня на первый план выходит способность организации интегрироваться в цифровые платформы и формировать устойчивые связи с партнерами, клиентами и государственными институтами.

В этих условиях цифровая среда предприятия перестает быть просто вспомогательным набором инструментов (таких как CRM или ERP-системы) и превращается в полноценную, живую экосистему. Она объединяет материальные и нематериальные активы, формируя единое информационное пространство для принятия решений в реальном времени [4].

Такой качественный переход требует глубокого пересмотра классических подходов к управлению, которые зачастую базируются на жесткой иерархии и долгосрочном планировании, малоэффективных в условиях высокой неопределенности. Ключевым вызовом для современной академической среды и бизнеса становится формирование принципиально нового профиля компетенций современного руководителя. Современному менеджеру уже недостаточно обладать узкоспециализированными «жесткими» навыками (hard skills); необходимо развитие «цифрового мышления», способности к управлению распределенными командами и быстрой адаптации к технологическим инновациям [2].

Методологическую основу исследования составили системный, институциональный и сравнительный подходы к анализу процессов цифровой трансформации управления. В работе использованы методы научного анализа и синтеза, сравнительного анализа, обобщения научной литературы, а также элементы концепции data-driven management и экосистемного подхода. Теоретической базой исследования выступили труды отечественных и зарубежных авторов в области цифровой экономики, менеджмента, организационной трансформации и развития управленческих компетенций в условиях цифровизации.

Современная управленческая парадигма столкнулась с явлением, которое в академической среде можно охарактеризовать как кризис линейной модели управления. Традиционные модели управления, заложенные еще в эпоху классического фордизма и жесткой производственной специализации, сегодня демонстрируют низкую адаптивность к вызовам волатильной среды. В основе линейной архитектуры лежит принцип последовательного наращивания стоимости, где каждое подразделение функционирует в рамках строго очерченного регламента и «колодцевого» распределения ответственности. Однако в условиях глобальной цифровой связанности такая герметичность процессов становится существенным ограничением развития.

Проблема «линейности» в менеджменте заключается не только в скорости прохождения сигнала от вершины управленческой пирамиды к её основанию. Мы наблюдаем феномен информационной асимметрии, когда данные о реальном состоянии производственного процесса или изменениях потребительских предпочтений фильтруются и искажаются на каждом промежуточном уровне иерархии. В итоге руководитель получает не объективный срез реальности, а его частично искаженную модель, на основе которой принимаются заведомо запоздалые решения [5]. Этот «эффект лага» в современной экономике обходится предприятиям слишком дорого. Высокая скорость изменений снижает эффективность медленных управленческих решений; конкурентное преимущество сегодня удерживает не тот, кто обладает большими активами, а тот, кто быстрее всех перерабатывает информацию в эффективное действие.

Генезис цифровых экосистем стал закономерным ответом на этот системный кризис. Важно понимать, что экосистема — это не просто расширенная версия корпоративного портала или интеграция нескольких ИТ-решений. Это принципиально иная топология связей. Если линейная модель напоминает конвейер, то экосистема — это сетевая модель взаимодействия. В ней отсутствует жесткая привязка к последовательности операций; здесь превалирует принцип коллаборации и взаимодополняемости [4]. Цифровая среда предприятия в этом контексте выступает в роли координирующего механизма, которая обеспечивает мгновенную реакцию всех элементов структуры на внешние или внутренние триггеры.

Таблица 1
Трансформация управленческих подходов в условиях формирования цифровой экосистемы предприятия

Традиционная модель управления	Экосистемная цифровая модель
Жесткая иерархия	Горизонтальная связность
Контроль процессов	Модерация взаимодействий
Закрытые данные	Прозрачность информации
Долгосрочное планирование	Гибкое управление
Hard skills	Soft + digital skills
Микроменеджмент	Data-driven management

Внедрение концепции экосистемного взаимодействия на промышленном предприятии влечет за собой трансформацию организационных границ. Мы видим, как производственный цикл начинает тесно переплетаться с логистическими цепочками поставщиков и сервисными платформами клиентов в режиме реального времени. Возникает эффект синергетического синтеза, когда общая эффективность системы оказывается значительно выше суммы эффективностей её отдельных компонентов. Однако этот переход невозможен без преодоления психологического и культурного барьера внутри управленческого корпуса. Архаичные контуры управления, основанные на тотальном контроле и микроменеджменте, вступают в существенное противоречие с природой экосистем, требующих децентрализации, высокой степени доверия к данным и делегирования полномочий на места.

Таким образом, цифровая трансформация сегодня выходит далеко за рамки простой технической модернизации основных фондов. Она ставит под вопрос саму легитимность существующих методов руководства. Мы сталкиваемся с когнитивным диссонансом: технологии уже позволяют управлять процессами на основе Big Data и предиктивной аналитики [8], но управленческие привычки и структуры остаются «аналоговыми». Формирование цифровой экосистемы предприятия — это прежде всего процесс трансформации административных механизмов и создание гибкого коммуникационного пространства, где ценность имеет не статус сотрудника в иерархии, а его способность генерировать решения в рамках общего информационного поля. Именно эта концептуальная смена декораций в промышленном секторе задает вектор для формирования нового профиля компетенций современного лидера, способного работать не с директивами, а с вариативными сценариями развития и сетевыми взаимодействиями.

В условиях цифровой экосистемы коммуникация перестает быть инструментом передачи распоряжений и превращается в среду существования бизнеса. Ключевая метаморфоза здесь заключается в тотальной прозрачности информационных потоков, которая неизбежно ведет к снижению монополии на управленческую информацию на знание. В классической модели менеджер обладал властью именно потому, что он аккумулировал данные, недоступные подчиненным, и выдавал их дозированно. Сегодня же внедрение сквозных аналитических систем и единых баз данных (ERP, BI-платформ) делает информацию общедоступным активом внутри организации. Когда рядовой инженер или аналитик видит ту же динамику показателей, что и топ-менеджер, сама природа авторитета [12] руководителя должна трансформироваться: от «владения информацией» к «качеству её интерпретации».

Эта новая коммуникационная архитектура порождает феномен горизонтальной связности, который вступает в конфликт с иерархическим устройством предприятия. Информация в цифровой среде распространяется не по цепочке команд, а диффузно, проникая через функциональные барьеры. Для традиционного руководителя это создает ситуацию перманентного когнитивного диссонанса: попытки контролировать каждый информационный узел приводят к перегрузке и потере темпа. Возникает потребность в переходе от директивного управления к модерации смыслов. Цифровая среда требует создания «общего контекста» (shared context), где задача лидера — не распределять задачи, а формировать единое поле понимания целей и приоритетов, в котором сотрудники способны принимать автономные, но синхронизированные решения.

Более того, мы сталкиваемся с парадоксом информационной избыточности. Проблема современного промышленного сектора не в дефиците данных, а в их «шуме». Массивы Big Data [8], поступающие с производственных линий в реальном времени, требуют от управленческого аппарата не просто навыков чтения отчетов, а способности к селекции и верификации значимых сигналов на фоне статистического мусора. В этом смысле цифровая среда выступает как фильтр, который проверяет руководителя на способность к системному мышлению. Коммуникация в экосистеме — это уже не разговор двух людей, это взаимодействие человека с интеллектуальной средой. Следовательно, управленческая эффективность начинает напрямую зависеть от умения встраивать человеческий интеллект в алгоритмические процессы, превращая цифровые технологии в инструмент поддержки принятия решений.

Трансформация управленческой роли в цифровой экосистеме неизбежно приводит к пересмотру классической дихотомии «hard» и «soft» skills. В условиях, когда алгоритмические системы берут на себя рутинные функции сбора и первичной обработки данных, происходит резкое обесценивание узкоспециализированных технических навыков, которые ранее составляли основу авторитета руководителя. На первый план выходит принципиально иная группа компетенций, которую можно определить как адаптивное понимание цифровых технологий [6] — способность управленца не просто понимать механику работы цифровых инструментов, но и осознавать их влияние на социальную ткань организации. Это требует от лидера не навыков программирования, а глубокого понимания логики алгоритмов, их ограничений и рисков, которые они привносят в процесс принятия решений.

Ключевым элементом нового профиля становится когнитивная гибкость — способность к быстрой деинсталляции устаревших ментальных моделей. В экосистемной среде руководитель постоянно сталкивается с ситуациями, где прошлый успешный опыт становится барьером, а не подспорьем. Цифровая среда предприятия генерирует изменения быстрее, чем человеческая психика успевает их отрефлексировать. Следовательно, важнейшей компетенцией становится умение управлять в состоянии высокой неопределенности [9]. Это подразумевает отказ от поиска единственно верного решения в пользу тестирования гипотез и управления портфелем вероятностей. Здесь «мягкие» навыки (soft skills) — такие как эмоциональный интеллект и способность к фасилитации — перестают быть факультативным дополнением и превращаются в жесткое условие выживания системы. В цифровой среде, где физическая дистанция между сотрудниками растет (удаленная и гибридная работа), именно способность руководителя поддерживать смысловую связность команды через эмпатию и ценностное ориентирование становится главным цементирующим фактором.

Более того, современный профиль компетенций включает в себя так называемую «алгоритмическую гигиену» — навык критического оценивания результатов работы искусственного интеллекта и предиктивной аналитики [11]. Руководитель новой формации должен выступать в роли этического и логического фильтра, предотвращая ситуации, когда слепое следование рекомендациям системы приводит к стратегическим ошибкам. Таким образом, мы наблюдаем парадоксальный процесс: тотальная цифровизация промышленного сектора не вытесняет человеческий фактор, а, напротив, радикально повышает требования к его качественным характеристикам. Управленец превращается из «контролера процессов» в координатора организационного взаимодействия, чья главная задача — обеспечить гармоничное сопряжение вычислительной мощности технологий с творческим потенциалом человеческого капитала.

Анализ процесса формирования цифровых экосистем будет неполным без деконструкции причин их частого отторжения на уровне управленческой практики. Основной барьер здесь носит не технологический или финансовый, а ментальный характер, манифестируясь в форме так называемого «организационного сопротивления изменениям» организации. Внедрение сквозных технологий неизбежно вскрывает неэффективность устоявшихся административных контуров, что порождает естественную защитную реакцию у носителей традиционной управленческой культуры. Прозрачность данных, которую мы рассматривали ранее как благо, для многих руководителей среднего и высшего звена воспринимается как прямая угроза их аппаратному весу и безопасности. Возникает феномен «имитационной цифровизации» [1], когда внешняя атрибутика обновляется (закупается ПО, внедряются дашборды), но внутренняя логика принятия решений остается прежней — интуитивной и закрытой.

Другим существенным препятствием выступает эффект «path dependency» (зависимости от предшествующего пути). Крупные промышленные предприятия — это инерционные системы с глубоко укоренившимися регламентами. Цифровая экосистема требует гибкости, которая вступает в прямое противоречие с жесткой системой внутреннего контроля и отчетности [2]. Для менеджера «старой закалки» отказ от микроменеджмента в пользу доверия к алгоритмическим рекомендациям выглядит как потеря управления вообще. Мы наблюдаем механизм управленческого сопротивления: управленцы подсознательно блокируют развитие систем, которые делают их функции избыточными или слишком прозрачными. Это создает ситуацию скрытого саботажа, когда технологические инновации замедляются вследствие бюрократических процедур, теряя свою актуальность еще до момента полноценного запуска.

Нельзя игнорировать и когнитивный разрыв между поколениями управленцев. Проблема здесь не в возрасте, а в разнице ценностных установок. Цифровая среда требует культуры «fail fast» (быстрой ошибки и

обучения на ней) [10], в то время как промышленная среда РФ традиционно ориентирована на «безошибочность» любой ценой, что часто ведет к замалчиванию проблем. В итоге управленческие компетенции, необходимые для работы в экосистеме, просто не могут прорасти на почве, где любая девиация от плана карается. Таким образом, главным барьером становится несоответствие между высокой скоростью цифровых процессов и низкой скоростью трансформации корпоративной культуры. Без радикального демонтажа системы организационной инерции любые инвестиции в цифровой контур будут иметь крайне низкий коэффициент полезного действия, превращаясь лишь в дорогостоящее обременение для предприятия.

Завершая анализ, необходимо определить практическую траекторию формирования нового управленческого качества. Очевидно, что традиционные курсы повышения квалификации, ориентированные на получение дискретных знаний, более не эффективны. Формирование компетенций в цифровой экосистеме должно базироваться на концепции «long-life learning» и иммерсивного обучения. Первоочередной задачей становится развитие мета-компетенций — способности к самостоятельному конструированию образовательного маршрута в условиях быстрого устаревания технологий. Руководитель промышленного предприятия должен превратиться в «исследователя процессов», который не боится экспериментировать с цифровыми инструментами.

Важнейшим вектором адаптации является внедрение культуры «data-driven management» (управления на основе данных) [8] не как технического регламента, а как базовой ценности. Это подразумевает развитие навыков интерпретационного синтеза: когда управленец способен объединить «сухие» цифры аналитики с гуманитарным пониманием потенциала своей команды. Будущее промышленного развития РФ лежит в плоскости создания гибридных управленческих команд, где классическая отраслевая экспертиза усилена цифровой смелостью. Только через осознанное преодоление ментальных фильтров и готовность к работе в открытых, прозрачных системах возможно превращение цифровой среды из фактора давления в ресурс долгосрочного лидерства.

Подводя итог проведенному исследованию, можно сделать вывод, что переход к цифровым экосистемам в промышленном секторе РФ является не просто этапом технической модернизации, а глубоким цивилизационным вызовом для управленческой науки. Установлено, что линейные модели управления исчерпали свой ресурс в условиях глобальной информационной связанности, уступая место гибким, децентрализованным структурам.

В ходе работы было доказано, что ключевым фактором успеха трансформации является не столько объем инвестиций в ИТ-инфраструктуру, сколько темпы качественной переработки управленческого профиля. Новый тип руководителя — это не технический специалист, а модератор смыслов, обладающий высокой когнитивной гибкостью и способностью работать в режиме предиктивной аналитики.

Автором выделены критические барьеры, связанные с институциональным сопротивлением и инерцией корпоративной культуры, преодоление которых требует перехода к новым образовательным парадигмам. Таким образом, стратегический приоритет развития российских предприятий должен быть смещен с закупки технологий на капитализацию «цифрового интеллекта» управленческих кадров. Реализация предложенных подходов позволит не только адаптироваться к условиям глобальной конкуренции, но и сформировать фундамент для устойчивого технологического развития в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Асаул А.Н. Управление в цифровой экономике: монография. — СПб.: АНО ИПЭВ, 2021. — 312 с.
2. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: учебник. — 7-е изд. — М.: Магистр, 2022. — 656 с.
3. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. — М.: ГУ ВШЭ, 2020. — 608 с.
4. Клейнер Г.Б. Экономика экосистем: шаг в будущее // Экономическое возрождение России. — 2019. — № 1(59). — С. 40–45.
5. Портер М. Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. — М.: Альпина Паблишер, 2021. — 715 с.
6. Соколова И.В. Цифровая трансформация управления предприятием // Менеджмент в России и за рубежом. — 2023. — № 4. — С. 15–24.
7. Tapscott D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. — New York: McGraw-Hill, 2020. — 368 p.
8. Davenport T., Harris J. Competing on Analytics: The New Science of Winning. — Boston: Harvard Business Review Press, 2018. — 240 p.
9. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. — Geneva: World Economic Forum, 2019. — 192 p.
10. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age. — New York: W.W. Norton & Company, 2018. — 306 p.
11. Davenport T. Artificial Intelligence for the Real World // Harvard Business Review. — 2018. — Vol. 96. — № 1. — P. 108–116.
12. Drucker P. Management Challenges for the 21st Century. — New York: Harper Business, 2017. — 224 p.
13. Минцифры России. Стратегия цифровой трансформации отраслей экономики РФ. — М., 2024.
14. Shiryayeva, V.V., Mamontov, V.A., Elokhin, A.N. Design Measures for Industrial

Safety in Chemical Engineering Processes. Chemical and Petroleum Engineering. 2003. T. 39. No 9-10. C. 563-568.

15. Shiryayeva, V.V., Mamontov, V.A., Elokhin, A.N. Defining the Maximal

Undesirable Event in Ammonia Producing Plant Risk Analysis. Chemical and Petroleum Engineering. 2003. T. 39. № 3-4. C. 179-185.

Transformation of management competencies in the context of the formation of the digital ecosystem of the enterprise

Silakova V.V., Chichin Il.A.

MUIV

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article analyzes the change in requirements for professional competencies of management in the context of digitalization of business processes. The concept of the digital ecosystem of an enterprise as a new environment for interaction is considered. The author identifies key "soft" and "digital" skills necessary for effective management in modern economic systems. Special attention is paid to the barriers to adapting personnel to new technological solutions.

Keywords: management competencies, digital ecosystem, human capital, soft skills, digital transformation, management.

References

1. Asaul, A.N. Management in the Digital Economy: Monograph. St. Petersburg: ANO IPEV, 2021, 312 p.
2. Vikhansky, O.S., Naumov, A.I. Management: Textbook. 7th ed. Moscow: Magistr, 2022, 656 p.
3. Castells, M. The Information Age: Economy, Society, and Culture. Moscow: HSE, 2020, 608 p.
4. Kleiner, G.B. Ecosystem Economics: A Step into the Future. Economic Revival of Russia. 2019, No. 1 (59), pp. 40–45.
5. Porter, M. Competitive Advantage: How to Achieve High Results and Ensure Their Sustainability. — Moscow: Alpina Publisher, 2021. — 715 p.
6. Sokolova I.V. Digital Transformation of Enterprise Management // Management in Russia and Abroad. — 2023. — No. 4. — Pp. 15–24.
7. Tapscott D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. — New York: McGraw-Hill, 2020. — 368 p.
8. Davenport T., Harris J. Competing on Analytics: The New Science of Winning. — Boston: Harvard Business Review Press, 2018. — 240 p.
9. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. — Geneva: World Economic Forum, 2019. — 192 p.
10. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age. — New York: W.W. Norton & Company, 2018. — 306 p.
11. Davenport T. Artificial Intelligence for the Real World // Harvard Business Review. — 2018. — Vol. 96. — No. 1. — P. 108–116.
12. Drucker P. Management Challenges for the 21st Century. — New York: Harper Business, 2017. — 224 p.
13. Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation. Strategy for the Digital Transformation of Sectors of the Russian Federation Economy. — Moscow, 2024.
14. Shiryayeva, V.V., Mamontov, V.A., Elokhin, A.N. Design Measures for Industrial

Safety in Chemical Engineering Processes. Chemical and Petroleum Engineering. 2003. Vol. 39. Nos. 9–10. pp. 563-568.

15. Shiryayeva, V.V., Mamontov, V.A., Elokhin, A.N. Defining the Maximum

Undesirable Event in Ammonia Producing Plant Risk Analysis. Chemical and Petroleum Engineering. 2003. T. 39. № 3-4. pp. 179-185.

Границы фирмы в эпоху ИИ: развитие теории трансакционных издержек на примере металлургии

Шахова Маргарита Сергеевна
д.э.н., заведующая кафедрой экономики инноваций экономического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, shakhova_msu@bkru,

Груздева Елена Владимировна
к.э.н., доцент кафедры экономики инноваций экономического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, gruzdeva-msu@bk.ru,

Михайлова Людмила Александровна
к.э.н., доцент кафедры экономики инноваций экономического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова; доцент кафедры общего и проектного менеджмента, факультет Высшая школа управления, Финансовый университет при Правительстве РФ, write333@yandex.ru,

Локтева Кристина Николаевна
аспирант, кафедра экономики инноваций экономического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова, kristinalokteva13@gmail.com

В условиях цифровой трансформации промышленных предприятий внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) становится не только технологическим, но и организационно-экономическим вопросом. Для металлургических компаний, характеризующихся высокой капиталоемкостью, сложностью производственных процессов, критичностью технологических контуров и требованиями промышленной безопасности, особенно важен выбор между внутренним развитием ИИ-компетенций, привлечением внешних поставщиков и гибридными формами взаимодействия. Цель статьи состоит в развитии трансакционного подхода Коуза-Уильямсона применительно к анализу границ металлургической фирмы в условиях внедрения ИИ-решений. Методологическую основу исследования составляют теория трансакционных издержек, сравнительный институциональный анализ и отраслевой анализ цифровой трансформации металлургии. В статье показано, что ИИ не отменяет классическую логику сравнения рынка, иерархии и гибридных форм, но меняет содержание трансакции: объектом управления становятся данные, обученные модели, цифровая инфраструктура, ответственность за результат и возможность выхода из зависимости от поставщика. Предложена рамка цифровой операционализации параметров Уильямсона через проверяемость результата, остаточный контроль над цифровыми активами, обратимость технологической зависимости, безопасность и локальность исполнения. Сделан вывод, что в эпоху ИИ границы фирмы определяются режимом цифрового контроля, а не только распределением функций между внутренними и внешними исполнителями.

Ключевые слова: теория фирмы, трансакционные издержки, искусственный интеллект, цифровая трансформация, металлургия.

Введение

Границы фирмы являются одним из центральных вопросов экономической теории организации. Любое промышленное предприятие вынуждено решать, какие функции выполнять внутри, а какие передавать внешним контрагентам. В традиционной постановке это решение часто описывалось как выбор между собственным персоналом и внешним подрядчиком. Однако в условиях цифровой трансформации такого разделения становится недостаточно. Функция может выполняться внутренним подразделением при помощи внешней ИИ-системы; внешний поставщик может сопровождать модель, но не иметь доступа к ключевым данным; алгоритм может исполняться локально, но разрабатываться совместно с вендором. Поэтому вопрос о границах фирмы постепенно превращается в вопрос о том, где находится управленческий и цифровой контроль.

Классическая теория Р. Коуза и О. Уильямсона остается продуктивной отправной точкой для такого анализа. Коуз показал, что рынок не является бесплатным механизмом координации: поиск информации, переговоры, заключение договора и контроль исполнения создают трансакционные издержки [1]. Уильямсон развил эту идею, связав выбор между рынком, гибридом и иерархией со специфичностью активов, неопределенностью, частотой операций, ограниченной рациональностью и риском оппортунизма [2; 3; 4]. Эта логика не утратила значения. Но цифровизация и ИИ меняют материальную форму активов, контрактов и зависимости.

Для металлургии данная проблема имеет особое значение. Отрасль характеризуется капиталоемкостью, непрерывностью технологических процессов, высокой ценой ошибки, коммерческой значимостью производственных данных и требованиями к защите критической информационной инфраструктуры.

Цель статьи – предложить концептуальную рамку анализа границ металлургической фирмы в условиях внедрения ИИ. В качестве научного вклада предлагается рассмотреть ИИ-интенсивную трансакцию как особый объект управления, где наряду с классическими параметрами Уильямсона значимыми становятся проверяемость алгоритмического результата, контроль над данными и моделями, обратимость технологической зависимости, безопасность и локальность исполнения. Такой подход позволяет сохранить объяснительную силу теории трансакционных издержек и одновременно адаптировать ее к цифровой экономике.

Логика Коуза-Уильямсона и цифровая среда

В неоклассической модели фирма долгое время трактовалась преимущественно как производственная функция: ресурсы преобразуются в выпуск, а рыночные цены координируют поведение участников. Если предположить полную информацию и отсутствие издержек обмена, то организационная форма почти не имеет самостоятельного значения. Коуз предложил иной подход: фирма возникает потому, что использование рынка требует затрат, а внутренняя координация в ряде случаев оказывается дешевле рыночной [1].

Уильямсон сделал эту идею операциональной. В его логике фирма, рынок и гибридные формы – это альтернативные механизмы управления трансакциями. Контракты неполны, потому что участники не могут заранее описать все будущие обстоятельства. Кроме того, контрагенты могут действовать оппортунистически, используя пробелы договора в собственных интересах. Поэтому важна не только цена услуги, но и совокупные издержки поиска, согласования, контроля, адаптации и разрешения конфликтов [3; 4].

Ключевым параметром у Уильямсона выступает специфичность активов. Чем сильнее актив привязан к конкретному контрагенту или технологической связке, тем выше риск зависимости и тем менее надежной становится простая рыночная сделка. Неопределенность усиливает проблему, поскольку делает невозможным полное описание результата и процедур реагирования на отклонения. Частота операций показывает, оправдано ли создание специальных механизмов управления. Именно комбинация этих параметров определяет, будет ли эффективнее рынок, иерархия или гибрид.

Цифровая экономика не отменяет эту логику, но меняет ее предмет. Современная литература по трансакционным издержкам в цифровой экономике подчеркивает, что цифровые технологии позволяют иначе измерять и организовывать трансакции, но одновременно создают новые пограничные случаи для классической теории [5]. Платформы и облач-

ные сервисы снижают входные барьеры, но формируют зависимость через интерфейсы, закрытые форматы и накопленные данные [6]. Данные могут становиться экономическим ресурсом и объектом управления, хотя их статус как «актива» требует более тонкого анализа, чем простое приравнивание к оборудованию или запасам [7].

Следовательно, обновление подхода Уильямсона не должно сводиться к добавлению еще одного фактора под названием «цифровизация». Нужно показать, как классические проблемы неполного контракта, специфического актива, зависимости от контрагента и критичности операции проявляются в ИИ-среде. Именно эту роль выполняет понятие цифрового контроля.

ИИ-интенсивная трансакция и цифровой контроль

ИИ-интенсивной трансакцией в данной статье предлагается называть трансакцию, в которой существенная часть результата создается или поддерживается алгоритмической системой, а экономическая ценность зависит не только от выполнения функции, но и от режима доступа к данным, модели, инфраструктуре и процедурам обновления. В такой трансакции предметом управления становится не только услуга, но и цифровые артефакты: обучающие выборки, разметка, признаки, модельные веса, код, настройки, журналы работы, интеграции с производственными системами и регламенты использования результата.

Это определение важно по двум причинам. Во-первых, оно позволяет не смешивать покупку инструмента с передачей функции. Если внутренний технолог использует ИИ-модель как подсказку при выборе режима обработки металла, функция остается внутри предприятия. Если внешний провайдер принимает на себя ответственность за оптимизацию режима как услугу, возникает аутсорсинг. Во-вторых, оно показывает, что граница фирмы в цифровой среде многослойна. Функция может оставаться внутри, модель может быть разработана вендором, данные могут храниться локально, а сопровождение может выполняться совместно.

Цифровой контроль включает по меньшей мере три уровня. Первый – функциональный: кто отвечает за результат и принимает окончательное решение. Второй – имущественно-цифровой: кто контролирует данные, модель, код, разметку, настройки и право их переноса. Третий – инфраструктурный: где исполняется решение, какие системы подключены к модели и допустим ли вынос данных или вычислений за пределы производственного периметра. В классическом споре об инсорсинге и аутсорсинге эти уровни часто не разделялись. В ИИ-проектах их смешение приводит к ошибочным управленческим решениям.

Например, предприятие может приобрести внешнюю систему компьютерного зрения для выявления поверхностных дефектов. С кадровой точки зрения это не означает автоматической передачи функции контроля качества наружу. Если модель работает на локальной инфраструктуре, данные остаются у предприятия, внутренний персонал принимает финальное решение и может заменить поставщика, такая схема ближе к инсорсингу с цифровым усилением или к контролируемому гибриду. Если же внешний поставщик обрабатывает данные на своей платформе и отвечает за итоговый контроль качества, то речь идет об аутсорсинге функции, даже если часть персонала заказчика продолжает участвовать в процессе.

Инсорсинг, аутсорсинг и гибриды в эпоху ИИ

В условиях ИИ инсорсинг целесообразно определять не как наличие всех ресурсов внутри юридического лица, а как сохранение фирмой управленческого контроля над функцией, результатом и критическими цифровыми активами. Предприятие может использовать внешне разработанное программное обеспечение, но если данные, регламенты, принятие решений, ответственность и ключевые знания остаются внутри, функция не выходит за границы фирмы в экономическом смысле. Такая трактовка особенно важна для промышленных предприятий, где самостоятельная разработка всех ИИ-инструментов часто невозможна, но потеря контроля над технологическим контуром недопустима.

Аутсорсинг, напротив, возникает тогда, когда внешний контрагент поставляет не просто инструмент, а результат функции и несет ответственность за его поддержание. Для заказчика становится второстепенным, использует ли поставщик людей, классическое программное обеспечение, машинное обучение или их комбинацию. Главным становится перенос ответственности и существенной части управленческого контроля во внешний контур. В цифровой среде такой перенос может быть экономически оправдан для вспомогательных функций с высокой проверяемостью результата, низкой специфичностью данных и отсутствием жестких требований локальности.

Гибридная форма занимает не промежуточное, а самостоятельное место. Она возникает там, где рынок дает доступ к компетенциям и технологиям, но иерархия необходима для защиты специфических активов, обеспечения безопасности и сохранения возможности адаптации. В металлургии гибрид может принимать форму совместной разработки модели, локального развертывания внешнего решения, сопровождения вендором при сохранении данных у заказчика, договорного закрепления прав на артефакты или создания совместной команды из технологов, ИТ-специалистов и внешних экспертов. Содержание гибрида определяется не формальным названием договора, а распределением контроля.

Именно поэтому вопрос об ИИ не следует сводить к выбору «сделать самим или купить». Более точная постановка звучит иначе: какую часть цифрового контроля предприятие может безопасно передать рынку, а какую должно удерживать внутри. Ответ зависит от параметров ИИ-интенсивной трансакции.

Четыре параметра цифровой операционализации

Предлагаемая модель развивает триаду Уильямсона через четыре цифровых параметра. Они не заменяют специфичность активов, неопределенность и частоту операций, а переводят их на язык ИИ-проектов. Проверяемость результата уточняет проблему неполных контрактов. Остаточный контроль над цифровыми активами развивает идею специфичности активов. Обратимость технологической зависимости конкретизирует риск привязки к контрагенту. Безопасность и локальность исполнения раскрывают критичность операции для производственного и регулируемого контура.

Первый параметр – проверяемость результата. ИИ-результат часто носит вероятностный характер: модель выдает прогноз, классификацию, рекомендацию или сигнал риска. Поэтому для внешней сделки принципиально важно, можно ли заранее определить метрики качества, контрольную выборку, допустимые отклонения, процедуру аудита и порядок пересмотра модели. Чем выше проверяемость результата, тем проще заключить контракт и тем приемлемее внешний сервис. Чем ниже проверяемость, тем выше риск спора о качестве и тем сильнее аргументы в пользу инсорсинга или гибрида.

Второй параметр – остаточный контроль над цифровыми активами. В ИИ-проекте ценность создается не только алгоритмом, но и связкой производственных данных, технологического контекста, разметки, модели, интеграций и регламентов применения. Если предприятие передает данные поставщику, а обученная модель, признаки и настройки остаются у поставщика, возникает новая форма специфического актива, контролируемого внешней стороной. В этом случае экономия на входе может обернуться потерей будущей переговорной позиции.

Третий параметр – обратимость технологической зависимости. Цифровые решения часто создают низкую стоимость входа и высокую стоимость выхода. На начальном этапе внешний сервис может быть дешевым и быстрым, но через несколько лет переход к другому поставщику потребует миграции данных, восстановления интеграций, повторного обучения моделей, изменения регламентов и переобучения персонала. Поэтому в оценку трансакционных издержек необходимо включать не только цену внедрения, но и цену выхода.

Таблица 1
Цифровая операционализация логики Уильямсона

Параметр	Связь с логикой Уильямсона	Ключевой вопрос	Факторы выбора рыночной формы	Факторы выбора иерархии/гибрида
Проверяемость результата	Неполный контракт, издержки измерения	Можно ли доказать качество ИИ-результата?	Есть KPI, контрольная выборка и аудит	Результат трудно формализовать и атрибутировать
Остаточный контроль над цифровыми активами	Специфичность активов	Кто контролирует данные, модель, разметку и настройки?	Активы стандартизированы и переносимы	Данные и модель уникальны для предприятия
Обратимость зависимости	Оппортунизм, затраты на переключение	Можно ли сменить поставщика без чрезмерных потерь?	Есть альтернативы, открытые форматы и план выхода	Выход дорог, модель и интеграции закрыты
Безопасность и локальность исполнения	Критичность и неопределенность	Можно ли вынести функцию из производственного периметра?	Нет ограничений КИИ и задержек реакции	Есть промбезопасность, КИИ или жесткий контур исполнения

Источник: составлено автором.

Четвертый параметр – безопасность и локальность исполнения. Для металлургии это особенно существенно: часть данных и систем связана с производственным контуром, промышленной безопасностью, коммер-

ческой тайной и критической информационной инфраструктурой. Федеральный закон № 187-ФЗ закрепляет особый режим безопасности КИИ [10]. Кроме того, для ряда производственных задач важны задержки реакции, непрерывность процесса и невозможность свободной передачи данных во внешний контур. В таких условиях локальное исполнение становится не техническим предпочтением, а институциональным ограничением.

Из таблицы следует важное уточнение: цифровые параметры имеют разный знак. Высокая проверяемость результата снижает риск рыночной формы, тогда как высокая специфичность цифровых активов, низкая обратимость зависимости и высокая критичность локального контура повышают этот риск. Поэтому модель следует читать не как простой суммарный перечень факторов, а как инструмент оценки управленческого риска.

Жизненный цикл ИИ-решения и договорные механизмы

ИИ-решение нельзя рассматривать как разовую покупку. После внедрения модель продолжает жить в производственном контуре: данные меняются, технологические режимы дрейфуют, оборудование изнашивается, меняются сырье, персонал и нормативные требования. Следовательно, границы фирмы должны анализироваться не только в момент заключения договора, но и на протяжении жизненного цикла ИИ-системы: постановка задачи, сбор данных, обучение, валидация, внедрение, мониторинг, дообучение, аудит, перенос или вывод из эксплуатации.

Такой подход согласуется с современными рамками управления ИИ. NIST AI Risk Management Framework ориентирует организации на управление рисками при проектировании, разработке, использовании и оценке ИИ-систем [8]. ISO/IEC 42001:2023 задает требования к созданию, внедрению, поддержанию и постоянному улучшению системы менеджмента ИИ [9]. Для настоящей статьи эти документы важны не как замена теории фирмы, а как подтверждение того, что ИИ требует постоянного управленческого режима, а не только закупочной процедуры.

Из этого вытекает роль договорных защитных механизмов. Если предприятие выбирает внешний сервис или гибрид, договор должен фиксировать не только цену и сроки, но и права на данные, разметку, признаки, модельные артефакты, логи и настройки; запрет или условия использования данных заказчика для обучения моделей третьих лиц; требования к локальному развертыванию; процедуру аудита; SLA по качеству модели; план выхода; обучение внутренней команды. Такие механизмы превращают гибрид из неопределенного компромисса в управляемую форму организации трансакции.

Металлургия как критический случай

Металлургия является удобным полем для проверки расширенной модели, поскольку в ней одновременно проявляются физическая, человеческая и цифровая специфичность активов. Доменные печи, сталеплавильные агрегаты, машины непрерывной разливки, прокатные станы и энергетическая инфраструктура не являются универсальными активами. Они встроены в конкретную технологическую цепочку и требуют специальных знаний. Производственные данные также специфичны: они отражают режимы конкретного оборудования, свойства сырья, историю ремонтов, локальные настройки автоматизированных систем и паттерны брака.

Отраслевые обзоры цифровизации горно-металлургического сектора показывают, что компании связывают цифровые инициативы с повышением операционной эффективности, качеством, ремонтами и управлением производством [11]. При этом отрасль сталкивается с дефицитом цифровых компетенций, санкционными ограничениями, импортозамещением программного обеспечения и потребностью в технологической независимости. Эти условия не означают, что внешний рынок ИИ-решений должен быть отвергнут. Напротив, многие компетенции рационально привлекать извне. Но они усиливают значение контроля над критическими цифровыми активами.

Наиболее показательны производственные ИИ-функции. Система предиктивного обслуживания может прогнозировать состояние оборудования и помогать снижать простои. Обзор исследований по предиктивному обслуживанию в металлургической отрасли показывает активное использование данных промышленных сенсоров и фокус на доменных печах и горячей прокатке, но также указывает на трудности внедрения методов в реальную производственную среду и включения их в планы обслуживания [12]. Это подтверждает тезис: проблема состоит не только в алгоритме, но и в организационном контуре его применения.

Для контроля качества, предиктивной диагностики и поддержки технологических режимов характерны высокая специфичность данных, значительная цена ошибки и потребность в локальном исполнении. Поэтому чистый аутсорсинг здесь часто будет рискованным. Более реалистична форма, при которой внешний партнер участвует в разработке и сопровождении, но данные, модельные артефакты, регламенты применения и финальное решение остаются под контролем предприятия. Иными словами, речь идет о гибриде с сильной внутренней стороной.

Вспомогательные функции имеют иной профиль. Подготовка управленческой отчетности, первичный анализ закупок, обработка типовых документов или поддержка кадровых процессов могут иметь более высокую проверяемость результата и меньшую критичность локального контура. Здесь внешний ИИ-сервис может быть оправдан, если соблюдены требования конфиденциальности и контроля данных. Но и в этих случаях важно различать покупку инструмента и передачу функции: ИИ-помощник внутреннего юриста или экономиста не является аутсорсингом, пока ответственность и решение остаются внутри фирмы. Сопоставление типовых случаев представлено в таблице 2.

Таблица 2

Применение модели к типовым ИИ-функциям металлургического предприятия

ИИ-функция	Профиль риска	Предпочтительная форма	Логика выбора
Контроль качества на основе компьютерного зрения	Проверяемость средняя/высокая; данные специфичны	Гибрид	Вендор развивает модель, предприятие удерживает данные и контур контроля
Предиктивное обслуживание критического оборудования	Критичность и локальность высокие; проверяемость средняя	Инсорсинг или жесткий гибрид	Нужен контроль над моделью, интеграциями и регламентом реагирования
Оптимизация энергопотребления	KPI измеримы; зависимость от интеграций существенна	Гибрид или управляемый сервис	Эффект оценивается по KPI, но нужен план выхода и перенос артефактов
Поддержка технологического режима в реальном времени	Цена ошибки очень высока; локальность критична	Локальный инсорсинг	Исполнение должно оставаться в защищенном производственном контуре
Управленческая отчетность и типовые документы	Проверяемость высокая; специфичность низкая/средняя	Внешний инструмент или сервис	Возможна стандартизация при сохранении контроля над данными

Источник: составлено автором.

Из таблицы видно, что производственные задачи редко имеют один универсальный режим организации. Даже при внешней разработке алгоритма предприятие должно удерживать контроль над данными, моделью и регламентом реагирования. Для вспомогательных задач граница может быть более открытой, поскольку результат легче проверить, а цена ошибки ниже.

Операционализация модели

Предлагаемая рамка может быть использована как диагностический инструмент. Для каждой ИИ-функции предприятие сначала оценивает классические параметры: специфичность активов, неопределенность и частоту операции. Затем проводится цифровая оценка по четырем параметрам: проверяемость результата, остаточный контроль над цифровыми активами, обратимость технологической зависимости, безопасность и локальность исполнения. На этой основе формируется вывод о предпочтительной организационной форме.

Практически это может быть реализовано через экспертную шкалу от 0 до 3. Проверяемость результата получает 0 баллов, если нет формализуемых метрик и контрольных данных, и 3 балла, если есть KPI, тестовая выборка, аудит, SLA и процедура пересмотра модели. Контроль над цифровыми активами оценивается по тому, кому принадлежат данные, разметка, код, модель и настройки. Обратимость зависимости оценивается по открытости форматов, числу альтернативных поставщиков, праву выгрузки артефактов и наличию плана выхода. Безопасность и локальность оцениваются по принадлежности функции к производственному или критическому контуру, требованиям времени реакции и ограничениям на передачу данных.

Для удобства можно использовать интегральный индекс управленческого риска: низкая проверяемость результата, высокая специфичность цифровых активов, низкая обратимость зависимости и высокая критичность локального исполнения повышают вероятность выбора инсорсинга или контролируемого гибрида. Напротив, высокая проверяемость, стандартизированные данные, переносимость решения и отсутствие ограничений производственного периметра делают рыночную форму более приемлемой.

Индекс не следует понимать как автоматический алгоритм выбора. Он задает порядок управленческой диагностики: сначала оцениваются риски цифрового контроля, затем сопоставляются цена внешнего сервиса, стоимость внутренней команды и возможные потери от простоя, утраты данных или последующей смены платформы. Поэтому экономия на входе должна сравниваться с полной стоимостью жизненного цикла ИИ-решения.

В теоретическом виде это можно выразить несколькими положениями. Во-первых, чем ниже проверяемость ИИ-результата, тем выше потребность в иерархическом или гибридном контроле. Во-вторых, чем выше специфичность данных и обученной модели, тем сильнее необходимость остаточного контроля предприятия над цифровыми активами. В-третьих, чем выше издержки выхода из платформы или смены поставщика, тем важнее договорные механизмы переносимости. В-четвертых, чем выше критичность производственного контура и требования безопасности, тем менее вероятен чистый аутсорсинг ИИ-функции.

Такая операционализация позволяет объяснить, почему одна и та же технология может приводить к разным организационным формам. Компьютерное зрение может быть внешним сервисом, если оно используется для некритичного контроля и имеет простые метрики. Оно может быть гибридом, если модель обучается на специфических данных предприятия и работает локально. Оно может стать элементом инсорсинга, если предприятие развивает собственную команду, контролирует модель и использует вендора только для отдельных консультаций.

Заключение

ИИ не отменяет теорию фирмы Коуза-Уильямсона, но требует уточнения того, что именно является объектом трансакции. В промышленной цифровой среде фирма управляет не только поставкой услуги или выполнением функции, но и распределением контроля над данными, обученными моделями, алгоритмическим результатом, инфраструктурой исполнения и возможностью выхода из технологической зависимости. Поэтому границы фирмы становятся не одной линией между «внутри» и «снаружи», а многослойной архитектурой цифрового контроля.

Главный вывод статьи состоит в том, что решение об инсорсинге, аутсорсинге или гибриде в эпоху ИИ должно приниматься не по формальному признаку использования внешнего программного продукта, а по распределению ответственности, прав на цифровые активы, возможностей проверки результата, переносимости решения и требований безопасного исполнения. В этом смысле предприятие может покупать ИИ-инструмент и сохранять инсорсинг функции; может передавать функцию внешнему провайдеру; может строить гибрид, в котором внешняя экспертиза сочетается с внутренним контролем над данными, моделью и производственным контуром.

Для металлургии такая рамка особенно значима. Высокая специфичность оборудования и данных, непрерывность процессов, требования КИИ, промышленная безопасность и необходимость технологической независимости делают многие производственные ИИ-функции чувствительными к чистому аутсорсингу. Наиболее устойчивой формой часто становится контролируемый гибрид: внешний партнер помогает развивать модель, но предприятие сохраняет критический цифровой контроль. Вспомогательные функции, напротив, могут шире использовать внешние сервисы при условии проверяемости результата и защиты данных.

Тем самым расширение подхода Уильямсона через четыре цифровых параметра позволяет сохранить базовую логику трансакционных издержек и применить ее к современным ИИ-интенсивным трансакциям. Теоретически это уточняет содержание границ фирмы, а практически дает металлургическим предприятиям компактный инструмент для оценки организационных решений в цифровой трансформации.

Литература

1. Coase R. H. The Nature of the Firm // Economica. 1937. Vol. 4, No. 16. P. 386–405.

2. Williamson O. E. Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications. New York: Free Press, 1975.

3. Williamson O. E. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations // Journal of Law and Economics. 1979. Vol. 22, No. 2. P. 233–261.

4. Williamson O. E. The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting. New York: Free Press, 1985.

5. Nagle F., Seamans R., Tadelis S. Transaction Cost Economics in the Digital Economy: A Research Agenda // Strategic Organization. 2025. Vol. 23, No. 2. P. 351–365.

6. Gawer A. Digital Platforms' Boundaries: The Interplay of Firm Scope, Platform Sides, and Digital Interfaces // Long Range Planning. 2021. Vol. 54, No. 5. Article 102045.

7. Birch K., Cochrane D. T., Ward C. Data as Asset? The Measurement, Governance, and Valuation of Digital Personal Data by Big Tech // Big Data & Society. 2021. Vol. 8(2).

8. National Institute of Standards and Technology. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). NIST AI 100-1. Gaithersburg: NIST, 2023.

9. ISO/IEC 42001:2023. Information technology – Artificial intelligence – Management system. Geneva: ISO/IEC, 2023.

10. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

11. Yakov and Partners. Digitalization of the Russian Metals and Mining Industry in 2024. Analytical report. 2024.

12. Jakubowski J., Wojak-Strzelecka N., Ribeiro R. P., Pashami S., Bobek S., Gama J., Nalepa G. J. Artificial Intelligence Approaches for Predictive Maintenance in the Steel Industry: A Survey. arXiv:2405.12785. 2024.

Firm boundaries in the AI era: developing transaction cost theory using the example of metallurgy

Shakhova M.S., Gruzdeva E.V., Mikhailova L.A., Lokteva K.N.

Lomonosov Moscow State University, Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

In the context of digital transformation of industrial enterprises, the implementation of artificial intelligence (AI) technologies is becoming not only a technological but also an organizational and economic issue. For metallurgical companies, which are characterized by high capital intensity, complex production processes, critical technological loops, and industrial safety requirements, the choice between developing in-house AI competencies, engaging external providers, and hybrid forms of collaboration is particularly important. The purpose of this article is to extend the Coase-Williamson transactional approach to the analysis of the boundaries of the metallurgical firm in the context of implementing AI solutions. The methodological foundation of the research comprises transaction cost theory, comparative institutional analysis, and industry-level analysis of digital transformation in metallurgy. The article shows that AI does not negate the classical logic of comparing markets, hierarchies, and hybrid forms, but rather changes the content of the transaction: the objects of governance become data, trained models, digital infrastructure, accountability for outcomes, and the ability to exit vendor dependency. A framework for the digital operationalization of Williamson's parameters is proposed – through result verifiability, residual control over digital assets, reversibility of technological dependence, security, and locality of execution. It is concluded that in the era of AI, the boundaries of the firm are determined by the regime of digital control, not merely by the distribution of functions between internal and external executors.

Keywords: firm's theory, transaction costs, artificial intelligence, digital transformation, metallurgy.

References

1. Coase R.H. The Nature of the Firm. *Economica*, 1937, vol. 4, no. 16, pp. 386–405.
2. Williamson O.E. *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*. New York, Free Press, 1975.
3. Williamson O.E. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. *Journal of Law and Economics*, 1979, vol. 22, no. 2, pp. 233–261.
4. Williamson O.E. *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. New York, Free Press, 1985.
5. Nagle F., Seamans R., Tadelis S. Transaction Cost Economics in the Digital Economy: A Research Agenda. *Strategic Organization*, 2025, vol. 23, no. 2, pp. 351–365.
6. Gawer A. Digital Platforms' Boundaries: The Interplay of Firm Scope, Platform Sides, and Digital Interfaces. *Long Range Planning*, 2021, vol. 54, no. 5, article 102045.
7. Birch K. Data as Asset? The Measurement, Governance, and Valuation of Digital Personal Data. *Big Data & Society*, 2021, vol. 8, no. 2.
8. Federal Law No. 187-FZ of July 26, 2017 "On the Security of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation".
9. Yakov & Partners. *Tsifrovizatsiya gorno-metallurgicheskoi otrasli Rossii. Analiticheskii otchet* [Digitalization of the Russian Mining and Metallurgical Industry. Analytical Report]. Moscow, 2023.
10. Yakov & Partners. *Digitalization of the Russian Metals and Mining Industry in 2024. Analytical Report*. Moscow, 2024.
11. Jakubowski J., Wojak-Strzelecka N., Ribeiro R.P., Pashami S., Bobek S., Gama J., Nalepa G.J. Artificial Intelligence Approaches for Predictive Maintenance in the Steel Industry: A Survey. 2024.

Подходы к управлению интеллектуальной собственностью в креативных индустриях

Яковлев Андрей Вячеславович
аспирант, кафедра операционного и отраслевого менеджмента, факультет Высшая школа управления, Финансовый университет при Правительстве РФ

В статье рассматриваются современные подходы к управлению интеллектуальной собственностью (ИС) в креативных индустриях. Теоретической основой исследования послужили международные и российские академические публикации за 2020–2025 гг., на основе которых выделено шесть подходов: стратегически-интегративный, коммерциализационный, открытый, технологически-токенизационный, адаптивно-регуляторный к ИИ-генерируемому контенту и институционально-инфраструктурный. Сравнительный анализ показывает, что эти подходы не исключают друг друга. Выбор конкретного из них обусловлен субсектором, природой инновации, рыночной динамикой и состоянием правовой среды. По итогам анализа обосновывается целесообразность гибридной мета-модели управления ИС в креативных индустриях.
Ключевые слова: креативная экономика, интеллектуальная собственность, управление интеллектуальной собственностью, авторское право, открытые лицензии, блокчейн, NFT, генеративный ИИ.

Введение

Креативные индустрии в XXI в. превратились в один из наиболее динамично развивающихся секторов глобальной экономики. Согласно материалам UNCTAD, вклад креативной экономики в ВВП исследованных стран варьируется в диапазоне от 0,5 до 7,3 %, а в структуре занятости – от 0,5 до 12,5 %. Экспорт креативных услуг в 2022 г. достиг рекордной отметки в 1,4 трлн долл. (прирост 29 % относительно 2017 г.), тогда как экспорт креативных товаров составил 713 млрд долл., увеличившись на 19 %. За минувшее десятилетие доля таких услуг в совокупном мировом экспорте выросла с 12 до 19 % [26]. По данным ЮНЕСКО, культурные и креативные индустрии обеспечивают порядка 3,1 % мирового ВВП и формируют около 6,2 % глобальной занятости [24].

Креативный сектор в России прибавляет заметно быстрее, чем экономика в целом. По данным Росстата, в 2024 году его доля в ВВП достигла 4,1 % (7,5 трлн руб.) – годом ранее этот показатель держался на уровне 3,8 %, а нетто-выручка отрасли перевалила за 10,7 трлн руб., прибавив за год более 20% [5].

Среднесписочная численность занятых непосредственно в организациях сектора составила в 2024 году 1,19 млн человек, что на 7,6 % больше, чем годом ранее. Если брать в расчет специалистов творческих областей, работающих в других индустриях, то занятость возрастает на 4,6 млн чел., что в итоге приводит к тому, что креативные индустрии обеспечивают занятость 6,2 % трудоспособных россиян [5, 4].

Также возрастает и объем интеллектуальной собственности, выраженной в нематериальных активах. Нематериальные активы крупных и средних предприятий сектора оценивались в 2024 году в 705,8 млрд руб. – это в 1,6 раза выше уровня 2023 года и в 3,1 раза выше показателей 2022-го [11].

Министерство экономического развития РФ закрепило ориентир: к 2030 году довести вклад креативных индустрий в ВВП до 6 % [6]. При нынешней динамике задача выглядит реалистично – хотя многое будет зависеть от того, удастся ли сохранить темп роста в условиях меняющейся конъюнктуры.

Три отрасли – программное обеспечение (4,4 трлн руб.), реклама с пиаром и мода – формируют порядка 60 % совокупной выручки российского креативного сектора [5]. Валовая добавленная стоимость сектора растет почти в четыре раза быстрее экономики в целом. Среднемесячная зарплата в отраслях сектора поднялась с 86 137 руб. в 2021 г. до 142 982 руб. в 2024 г., прибавив 66 %, что заметно превышает общероссийский уровень [5].

Креативные индустрии связаны с интеллектуальной собственностью, которая составляет само существо определения. Британское Министерство культуры, СМИ и спорта (DCMS) еще в 2001 году описало креативные индустрии как отрасли, опирающиеся на индивидуальное творческое начало, навык и талант способные создавать добавленную стоимость и рабочие места именно через генерацию и эксплуатацию интеллектуальной собственности [7]. Формулировка впоследствии не раз подтверждалась в обновленных редакциях документа. Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС) институционализировала тот же подход в концепции «copyright-based industries» – отраслей, выстроенных вокруг авторского права и смежных прав [21].

В российской нормативной базе этот принцип закреплен в двух ключевых документах. Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2021 № 2613-р (в редакции от 26.01.2024) [2] и Федеральный закон от 08.08.2024 № 330-ФЗ «О развитии креативных (творческих) индустрий в Российской Федерации» воспроизводят ту же логику, что и британская дефиниция. Стоит подчеркнуть, что концептуально они практически не расходятся с позицией DCMS. Сама концепция креативных индустрий трактует креативную экономику как «тип экономики, основанный на капитализации интеллектуальной собственности во всех областях человеческой деятельности» [1].

Цифровизация, распространение генеративного ИИ и децентрализованных технологий, а также трансграничная природа творческого контента формируют управленческие вызовы, на которые традиционное право не успевает реагировать. Академическая литература последних лет накопила немало подходов к управлению ИС в креативных индустриях – и систематизировать их сейчас действительно важно как с научной, так и с практической точки зрения.

Исследование является актуальным, потому что позволяет выделить и сравнить основные подходы к управлению интеллектуальной собственностью в креативных индустриях, которые были сформулированы в зарубежной и отечественной академической среде за последние годы.

Стратегически-интегративный подход

Стратегически-интегративный подход рассматривает интеллектуальную собственность не как обособленную правовую конструкцию, а как стратегический актив, органично встроенный в инновационную, маркетинговую и финансовую архитектуру компании. У. Фишер и Ф. Оберхольцер-Ги опираются на эмпирическое наблюдение: лишь около половины руководителей крупных корпораций действительно понимают ценность ИС и участвуют в связанном с ней стратегическом планировании. Во многих организациях управление интеллектуальной собственностью фактически передается юридической службе – подразделению, которое почти не вовлечено в стратегические процессы. Функциональная разобщенность менеджмента (то, что авторы называют «силосами») при этом лишь усугубляет ситуацию, блокируя формирование целостного взгляда на ИС как на управленческий инструмент [15, с. 157].

Ключевая мысль исследования сводится к следующему: универсального «лучшего способа» управлять интеллектуальной собственностью не существует, и многие из управленцев переоценивают ее привлекательность как инструмента рыночной власти. Ценность конкретных защитных механизмов и способов монетизации ИС определяется стратегией, конкурентным окружением и постоянно меняющимся правовым контуром [15, с. 157–158].

Авторы предлагают осмыслять стратегию управления интеллектуальной собственностью через две отдельные карты возможностей – для держателей прав и для тех, кто ими не владеет. Держателю доступны пять вариантов управления ИС: добиваться рыночной власти через ИС, продать или передать право, выдать лицензию, выстроить на базе права совместные коллаборации с конкурентами, поставщиками, потребителями или разработчиками дополняющих продуктов – либо безвозмездно отказаться от права, передав его. Немного иначе устроена карта для недержателей. Они также имеют пять вариантов управления ИС, однако логика принципиально другая: можно оспорить действительность чужого права, разработать альтернативную технологию, не затрагивающую чужие права, получить лицензию у правообладателя, сформировать собственный портфель ИС, достаточный для сдерживания исков, – или же рискнуть быстрым выводом потенциально нарушающего продукта, рассчитывая на победу в суде либо на вынужденную лицензию [15].

Последняя стратегия имеет два кейса: Sony с видеомагнитофоном VCR и Napster демонстрируют, как одна и та же агрессивная стратегия быстрого развертывания приводит к диаметрально противоположным исходам – успеху в первом случае и полному провалу во втором [15, с. 173].

Главный управленческий вывод авторов состоит в следующем: создатели, менеджеры и юристы должны включаться в работу над стратегией управления ИС совместно и как можно раньше. Преодоление функциональных «силосов» (разобщенности подразделений, каждое из которых действует в своей логике) становится реальным конкурентным условием [15, с. 173].

Статья С. Айербе, К. Булос и Ф. Кастелланеты, вышедшая в Technovation в 2024 году, также развивает стратегически-интегративный подход и предлагает конфигурационную рамку, выстроенную на основе обширного литературного обзора. В ее основе лежат два измерения: открытая против закрытой модели инноваций и формальные против неформальных механизмов охраны, и их сочетания образуют четыре конфигурации стратегий ИС (open & formal, open & informal, closed & formal, closed & informal) [13, с. 1].

Эмпирическую базу составляют 50 статей, на материале которых авторы выявили одиннадцать факторов, определяющих выбор стратегии ИС: продуктовая и процессная инновация, фаза инновационного процесса, отраслевая специфика, интенсивность рыночной конкуренции, правовая система, характер обмена знаниями, локация и размер фирмы, а также природа знания и инновации [13, с. 2]. Согласно авторам, выбор конкретной конфигурации задается одновременным влиянием отраслевого сектора, типа инновации, динамики рынка и особенностей правовой среды [13, с.10].

Работа Ф. Коха, М. Хеллена, Э. Конрада и А. Кока имеет особенное значение, так помещена в контекст креативных индустрий, где рассматривается проблема сочетания творческой (креативной) и деловой (бизнес-ориентированной) ориентации у основателей фирм в сфере креативных индустрий. Авторы опирались на лонгитюдные данные – 149 владельцев немецких компаний опрашивались дважды с пятилетним интервалом. Выяснилось, что творческая ориентация устойчиво связана с инновационной активностью, тогда как деловая, взятая отдельно, такой связи не дает. Примечательно другое: при совместном действии двух ориентаций обнаруживается отрицательный эффект взаимодействия. Это хорошо согласуется с тезисом о парадоксальной природе креативного предпринимательства [20, с. 281, 290–292].

На уровне инновационных экосистем картина усложняется: О. Гранстранд и М. Хольгерссон предложили определение, которое выходит за рамки привычных схем: экосистема включает не только авторов, но и артефакты, а отношения к центру могут быть как комплементарные (кооперативные), так и субститутивные (конкурентные). Для анализа управления интеллектуальной собственностью в «созревающих» отраслях это разграничение весьма существенно, поскольку именно на таких рынках конкуренция и сотрудничество нередко существуют в одной и той же точке [16, с. 3, 4].

Коммерциализационный подход

Коммерциализационный подход строится вокруг жизненного цикла объекта ИС – от зарождения идеи до выхода на рынок. Р. Мавардвита и Р. А. Насутион, проанализировав 16 ключевых публикаций в рамках интегративного литературного обзора, предложили четырехфазовую модель коммерциализации ИС применительно к креативным индустриям: формирование идеи (ideation), разработка (development), создание (creation) и коммерциализация (commercialization) [23, с. 151]. Аксиальное кодирование, примененное авторами, позволило наполнить каждую фазу конкретным содержанием. Так, на этапе формирования идеи происходит идентификация и диагностика объекта ИС, а также накопление первичных знаний о ней. Фаза разработки охватывает НИОКР, правовую защиту и регистрацию. Этап создания включает тестирование, валидацию и непосредственный выпуск продукции, а завершающая фаза коммерциализации – маркетинг, коллаборации, диффузию, масштабирование и постепенное формирование репутации [23, с. 156].

Принципиальный вывод авторов сводится к следующему: креативность пронизывает все фазы процесса, однако в каждой из них проявляется по-своему. На этапе формирования идеи преобладает дивергентное мышление с высокой гибкостью подходов. В период разработки, напротив, требуется структурированность и последовательность, а также креативность в работе с правовыми и регуляторными требованиями. Этап создания выстраивается преимущественно как последовательный производственный процесс с валидацией результатов. Этап коммерциализации вновь обращается к дивергентности уже в форме стратегической креативности, необходимой для маркетинга и масштабирования [23, с. 160]. Данный подход существенно отличается от линейных моделей коммерциализации технологий и фиксирует специфику креативных индустрий.

Этот подход дополняется статьей К. Хейтера и А. Линка, которая посвящена так называемой «накопительной» (accretive) логике управления ИС в малых, основанных на знаниях («knowledge-based»), фирмах. На материале 1180 компаний, получивших гранты Phase II SBIR в США, авторы демонстрируют следующее: публикации (открытое распространение) и патенты в таких фирмах не конкурируют друг с другом, как предполагает традиционная экономическая логика, противопоставляя эти стратегии. Однако на практике публикации выступают сигналом качества и средством привлечения раннего капитала, тогда как патенты решают другую задачу – обеспечивают присвоение отдачи от вложений в НИОКР. Иными словами, оба инструмента работают в связке, образуя взаимодополнительную «накопительную» стратегию [18].

Гримальди, Греко и Кричелли разработали концептуальную рамку, в которой выделяются три стратегии управления интеллектуальной собственностью. Первая – оборонительная (defensive): компания выстраивает барьеры для конкурентов и последовательно закрывает каналы утечки знаний. Вторая – коллаборативная (collaborative), ориентированная на партнерство с внешними организациями и освоение новых рынков. Третья, импровизационная (impromptu), описывает фирмы, которые защищают ИС, не имея при этом стратегической цели [17, с. 156; с. 158]. Проверку рамки авторы реализовали на выборке из 158 итальянских производственных компаний, в результате большинство фирм склоняются к импровизационной стратегии, что сдерживает их участие в исходящих открытых инновациях. Коллаборативная стратегия превосходит по результативности оборонительную [17].

Несмотря на то, что выборка взята из производственного сектора, в обзорных работах по управлению ИС в креативных индустриях данная рамка воспроизводится достаточно регулярно, что говорит о ее аналитическом потенциале за пределами исходного контекста.

Открытый подход

Открытый подход меняет природу интеллектуальной собственности: она перестает быть инструментом исключения (ограничения конкурентов) и становится ресурсом для совместного создания ценности. В основе этой идеи лежит модель private-collective innovation (PCI), которую разработали Э. фон Хиппель и Г. фон Крог применительно к открытому программному обеспечению. К. Эриксон распространил ее на креативные индустрии в статье «Can creative firms thrive without copyright? Value generation and capture from private-collective innovation», опубликованной в Business Horizons и сохраняющей статус одной из ключевых работ в современных исследованиях по этой теме [14].

Системное эмпирическое продолжение этой линии можно найти в работе К. Эриксона, Ф. Хомберга и М. Кречмера, опубликованной в журнале Technological Forecasting & Social Change в 2024 году. Исследование посвящено входящим открытым инновациям (inbound open innovation, IOI) в креативных индустриях – сегменте, который, по наблюдению самих авторов, остается «концептуально недоисследованным» в литературе по open innovation, хотя заимствование, ремикширование и совместное использование контента в секторе распространены [14, с. 2].

Исследование строилось на анализе уникального датасета из 2040 креативных продуктов, размещенных на платформе Kickstarter в секторах книгоиздания, комиксов, видеоигр и театра. Авторы разделили производителей на четыре группы:

- получают формальную лицензию на использование копирайта;
- используют чужой материал без разрешения;
- обращаются к ресурсам общественного достояния;
- не прибегают к внешним входам (ИС).

Сравнение этих групп позволило зафиксировать устойчивую закономерность: все формы IOI улучшают результативность продукта, однако именно формальные лицензионные соглашения работают как сигнал, дополнительно усиливающий позиции авторизованных производителей: лицензия одновременно требует затрат и несет косвенное «одобрение» со стороны правообладателя [14, с. 5].

Сноуболл, Тарентаал и Сапсед, сопоставив креативные кластеры Кейптауна и Брайтона, установили: фирмы, совмещающие цифровые технологии с креативным дизайном в производстве (так называемые «fused» firms), достигают заметно более высокого уровня инноваций в бизнес-процессах, продуктах и услугах [25, с. 705–706]. Развивая идеи Ли (2020), авторы уточняют принципиальный момент: цифровые технологии не вытесняют сложившиеся бизнес-модели, а выстраивают рядом с ними своего рода «портфель» альтернатив. Автоматизация существующих процессов, их расширение или полная трансформация – сценарии применения цифровых инструментов. 90% инновационно ориентированных культурно-креативных фирм задействуют цифровые технологии для трансформации отношений с потребителями, тогда как 87% используют их для наращивания выручки через альянсы и расширение брендов [25, с. 708].

Институциональную основу открытого подхода составляют лицензии Creative Commons и принципы коллективного управления правами. ВОИС в презентации CDIP/26 указывает, что авторское право выполняет сразу несколько функций: поддерживает мотивацию создателей, обеспечивает механизм оборота творческих активов и задает рыночные условия для существования креативных индустрий. Международные договоры ВОИС при этом устанавливают минимальные стандарты охраны – с сохранением достаточно широкого пространства для национальных решений [21].

Технологически-токенизационный подход

Технологически-токенизационный подход строится на децентрализованных технологиях – распределенных реестрах, NFT, смарт-контрактах – и направлен на решение проблем управления интеллектуальной собственностью в цифровой среде: верификации провенанса, автоматизации лицензирования, выплаты роялти, противодействия пиратству. Н. Малик, Я. М. Вэй, Г. Аппель и Л. Луо в журнале International Journal of Research in Marketing систематизировали трансакционные эффекты блокчейна применительно к креативным индустриям. Отправной точкой их анализа стала диспропорция: в музыкальной индустрии США артисты получали лишь 12% рыночной выручки (данные за 2017 год), тогда как оставшиеся средства расходились между издателями, обществами по управлению правами, лейблами, дистрибьюторами и стриминговыми платформами [22, с. 38].

Авторы называют четыре источника транзакционных издержек, которые блокчейн-технологии способны снизить [22, с. 39–40]:

1. Сложность отслеживания подлинности произведения: путь от создателя к потребителю нередко проходит через столь длинную цепочку посредников, что верификация на каждом этапе становится практически невозможной;
2. Задержки выплат роялти: в национальных продюсерских компаниях (collecting societies) авторы ждут первых поступлений от 9 до 12 месяцев, а в иностранных – до полутора лет;
3. Авторы вынуждены финансово зависеть от других источников дохода, особенно на старте карьеры;
4. Концентрация рыночной власти у крупных платформ (Apple, Google, Spotify), чьи комиссионные отчисления достигают 30%.

NFT и смарт-контракты, согласно авторам, сокращают эту посредническую цепочку, приближая создателя напрямую к аудитории [22, с. 38]. Смарт-контракт фиксирует данные о каждом факте использования произведения и на их основании автоматически рассчитывает и перечисляет роялти без ручного учета и бухгалтерских задержек. Реальным примером подобной архитектуры служит сервис PeerTracks, уже реализовавший этот принцип на практике [22, с. 43]. Со стороны покупателя блокчейн решает задачу верификации провенанса (то есть истории владения и происхождения объекта), что позволяет подтвердить подлинность произведения независимо от того, кто и когда его перепродавал [22, с. 43].

При этом авторы прямо указывают: блокчейн не решает сразу все проблемы. Минтинг, создание и продвижение NFT предполагают вполне конкретные технические компетенции, и именно здесь уже складывается новый слой посредников, от которых технология якобы должна была освободить [22, с. 43–44].

Отдельного внимания заслуживает вопрос о проектировании смарт-контрактов: каким должен быть размер комиссии при перепродаже, чтобы он подталкивал авторов к созданию оригинального контента, а не превращался в инструмент чисто спекулятивного оборота [22, с. 46].

Адаптивно-регуляторный подход (управление ИС в условиях генеративного ИИ)

Широкое распространение генеративного ИИ – ChatGPT, Midjourney, Stable Diffusion и других – серьезно затронуло фундаментальные категории авторского права: авторство, оригинальность, порог охраноспособности. Шумакова, Ллойд и Титова в совместной работе, опубликованной в Journal of Digital Technologies and Law, опираются на сравнительно-правовой анализ и результаты двух международных опросов представителей креативных индустрий. На этой основе авторы фиксируют несколько ключевых рисков, которые несет нерегулируемое применение генеративного ИИ: нарушения авторских прав, ущемление интересов работников творческих профессий, проблемы защиты потребителей и, как следствие, подрыв доверия к государственным институтам [9, с. 880].

Авторы приходят к выводу, что минимизация рисков возможна при оперативном формировании новых правовых норм, и уже сейчас государства с принципиально разными политическими системами движутся к схожим регуляторным решениям [9, с. 904]. Этот факт говорит о том, что давление технологии оказывается сильнее идеологических различий и одинаково влияет на индустрии вне зависимости от географических рынков.

Эмпирическая часть статьи отражает распределение отраслевых настроений: так, среди англоязычных респондентов 76,9% полагают, что разработчики генеративного ИИ нарушают права интеллектуальной собственности – среди русскоязычных эта доля составляет 58,3%. При этом 61,1 % русскоязычных участников опроса убеждены, что продукты генеративного ИИ не должны охраняться ни авторским правом, ни смежными режимами ИС [9, с. 888-890]. Выборка охватила 117 англоязычных респондентов из 21 страны (85,5 % из них представляли творческие профессии) и 36 русскоязычных, подавляющее большинство которых – 90,4 % – проживают в России [9, с. 888-890].

Среди юридических прецедентов, зафиксированных авторами, выделяются три:

- Американское ведомство по авторским правам (U.S. Copyright Office) 21 февраля 2023 года установило, что произведения, созданные ИИ без участия человека, авторско-правовой охране не подлежат;
- Британский апелляционный суд пришел к выводу, что генеративный ИИ не может признаваться изобретателем в правовом смысле;
- Китайский «Временный порядок управления услугами генеративного ИИ» (2023) обязал разработчиков обучать модели исключительно на данных, полученных этичным путем, а результаты их работы маркировать [9].

В обзоре О. И. Адебийи и О. К. Адеуси, опубликованном в World Journal of Advanced Research and Reviews, указано, что правовые системы

по-разному трактуют вопросы авторства, оригинальности и охраны применительно к контенту, созданному ИИ [12, с. 1553]. Авторы приводят прецедент: Thaler и U.S. Copyright Office (2023) – U.S. Copyright Office через него закрепил позицию, согласно которой авторство требует участия человека [12, с. 1555-1556]. Трансграничное применение норм об интеллектуальной собственности при этом также остается проблемным: мгновенная цифровая дистрибуция контента вступает в прямое противоречие с тем, что каждая юрисдикция выстраивает собственную регуляторную логику [12, с. 1558].

С этим перекликается позиция Гаффара и Альбарашди, изложенная в Asian Journal of International Law: само понятие «оригинальности» меняется вместе с технологиями, а значит, законодательный порог охраноспособности нуждается в пересмотре [12, с. 1556].

Институционально-инфраструктурный подход

В российской науке складывается подход, который можно определить как институционально-инфраструктурный. Он заключается в том, что государственная и квазигосударственная инфраструктура имеет большое значение – специализированные платформы, институты развития, реестры и прочие механизмы поддержки. Концептуальную основу этого направления заложила статья И. Д. Тургель, В. В. Дербеневой, И. В. Баскаковой и К. В. Чукавиной, опубликованная в R-Economy и систематизирующая как международные, так и отечественные теоретические подходы к выделению креативных индустрий [7].

Авторы утверждают, что в России институциональный путь развития темы оказался доминирующим. Резкий рост числа публикаций (до 70 статей в год) пришелся на 2014 год, то есть непосредственно на момент законодательного введения понятия креативных индустрий [7, с. 315].

В их исследовании воспроизводится эталонное определение DCMS: «creative industries are all industries that require creativity and talent that have the potential to enrich and create jobs through the use of their intellectual property». При этом авторы подчеркивают, что в большинстве содержательных трактовок ключевыми параметрами остаются творчество, интеллектуальная собственность, символическое значение, потребительская ценность и общественные блага [7, с. 312, 318].

Развитие этого подхода прослеживается в совместной работе И. В. Баскаковой, В. В. Дербеневой, И. Д. Тургель и А. Д. Цепелевой, опубликованной в «Креативной экономике» в 2023 году и посвященной роли локальной идентичности в складывании креативных кластеров на Урале и в Сибири. Креативная индустрия, по мнению авторов, способна одновременно удерживать традиции и культурную идентичность территории, превращая ее «символическую и материальную составляющие» в экономически работающий ресурс. Три модели кластеров – «консервации», «трансформации» и «генерации» – выстраиваются ими в зависимости от того, как именно соотносятся материальный и символический компоненты локальной идентичности в каждом конкретном случае [3, с. 4729–4730, 4743].

Правовое измерение того же подхода разрабатывается в статье В. Н. Синельниковой и М. Д. Плешковой, вышедшей в «Трудах по интеллектуальной собственности» в 2025 году и посвященной анализу Федерального закона № 330-ФЗ применительно к индустрии моды. Авторы критикуют законодательство: в подп. 1 ст. 3 закона среди признаков креативного продукта фигурирует «уникальность», тогда как ни подп. 2 той же статьи, ни часть четвертая ГК РФ подобного критерия не содержат. Из этого противоречия вытекает практически неудобный разрыв между отраслевым законом и кодексом. Устранить его предлагается заменой термина «уникальность» указанием на «результат творческого труда автора» – формулировку, согласующуюся со ст. 1275, 1347 и 1448 ГК РФ [7, с. 62 и далее].

Институциональная инфраструктура в России уже выстроена: работают сеть РЦИС.РФ, платформа IPEX (платформа для создателей и пользователей ИС - маркетплейс), Агентство креативных индустрий Москвы, а также Единый реестр субъектов креативных индустрий при Минэкономразвития. Примечательно, что финансирование сектора держится преимущественно на бюджетных вливаниях – по данным Росстата, в 2024 году они достигли около 80% от общего объема привлеченных инвестиций. Собственные средства организаций обеспечивали порядка 72%, тогда как кредиты занимали 9,7 %. При этом инновационная активность в секторе действительно росла – с 10,7 % в 2021 году до 13,6 % в 2024-м [11].

На международном уровне институциональный вектор задается через специализированные стратегии ВОИС по стандартообразующим патентам на 2024–2026 годы. Их логика направлена на то, чтобы сделать режим SEP более прозрачным – сформировать базы прецедентного права и отработать механизмы справедливого лицензирования, включая принципы FRAND [21].

Все шесть подходов объединяет ряд общих установок и принципиальных расхождений. Каждый из них строится на том, что креативные индустрии критически зависят от интеллектуальной собственности; при этом ИС трактуется не просто как юридическое право, а как полноценный актив. Цифровизация признается во всех концепциях ключевым фактором, меняющим саму логику отрасли, – равно как и растущая роль нематериальных составляющих в производстве добавленной стоимости. Различия между подходами проявляются в акценте управленческого внимания.

Креативные индустрии превратились в один из самых быстрорастущих сегментов экономики – и мировой, и российской. Интеллектуальная собственность при этом составляет их смысловое и операционное основание, без которого вся конструкция просто не держится.

Сравнение подходов между собой дает результат, что они не взаимоисключают друг друга, а скорее охватывают разные уровни управления ИС. Выбор конкретного инструментария определяется отраслевой спецификой, характером самой инновации, состоянием рынка и особенностями правовой среды.

Российская модель строится на конфигурации управления ИС через институционально-инфраструктурный подход, тогда как стратегически-интегративные, открытые и токенизационные механизмы остаются слабо задействованными. Перспективной выглядит гибридная мета-модель. Она предполагает объединение четырех уровней управления – стратегического, технологического, правового и институционального в единую систему. Такая архитектура при успешной разработке способна обеспечить устойчивое развитие креативного сектора и одновременно снизить его зависимость от бюджетного финансирования.

Литература

1. О развитии креативных (творческих) индустрий в Российской Федерации : Федеральный закон от 08.08.2024 № 330-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_482580/ (дата обращения: 20.04.2026).
2. Об утверждении Концепции развития творческих (креативных) индустрий и механизмов осуществления их государственной поддержки в крупных и крупнейших городских агломерациях до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.09.2021 № 2613-р : в редакции от 26.01.2024 № 145-р. – URL: http://government.ru/docs/all/136723/ (дата обращения: 20.04.2026).
3. Баскакова И. В. и др. Локальная идентичность как основа формирования креативных кластеров в городах Урала и Сибири //Креативная экономика. – 2023. – Т. 17. – №. 12. – С. 4729-4748.
4. Креативная экономика : официальный раздел / Министерство экономического развития Российской Федерации. – URL: https://economy.gov.ru/material/departments/d04/kreativnaya_ekonomika/ (дата обращения: 29.04.2026).
5. Креативная экономика сегодня. Россия / Министерство экономического развития Российской Федерации. – Москва, 2025. – 48 с.
6. Креативный сектор России в цифрах: 2024 / Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. – Москва : НИУ ВШЭ, 2024. – URL: https://issek.hse.ru/news/996745368.html (дата обращения: 29.04.2026).
7. Синельникова В. Н., Плешкова М. Д. Креативные индустрии на примере рынка моды //Труды по Интеллектуальной Собственности. – 2025. – Т. 55. – №. 4. – С. 58-67.
8. Стратегия ВОИС в области стандартообразующих патентов на 2024–2026 годы / Всемирная организация интеллектуальной собственности. – Женева : ВОИС, 2024. – URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/ru/wipo-pub-rn2024-12-ru-wipo-strategy-on-standard-essential-patents-2024-2026.pdf (дата обращения 20.04.2026)
9. Тургель И. Д. и др. Методологические подходы к измерению креативных индустрий //Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2022. – №. 6 (168). – С. 19.
10. Шумакова Н. И., Дж Л. Д., Титова Е. В. На пути к правовому регулированию генеративного ИИ в творческой индустрии //Journal of Digital Technologies and Law. – 2023. – Т. 1. – №. 4. – С. 880-908.
11. Щербань, Е. Г. Оценка развития креативных индустрий российской экономики / Е. Г. Щербань ; Поволжский институт управления имени П. А. Столыпина – филиал РАНХиГС, Управление Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области. – Саратов, 2024. – URL:https://64.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%A9%D0%B5%D1%

80%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D1%8C%20%D0%95.%D0%93.(1).pdf (дата обращения: 20.04.2026).

12. Adebiyi O. I., Adeusi O. C. Examining legal and ethical frameworks for protecting intellectual property rights in AI-generated content across creative industries //World Journal of Advanced Research and Reviews. – 2025. – Т. 26. – №. 3. – С. 1553-1561.

13. Ayerbe C., Boulos C., Castellaneta F. Navigating protection mechanisms and innovation models: A literature-based configurational framework of intellectual property strategies //Technovation. – 2024. – Т. 137. – С. 103101.

14. Erickson K., Homberg F., Kretschmer M. The role of openness in creative innovation: Evidence from digital crowdfunding //Technological Forecasting and Social Change. – 2024. – Т. 206. – С. 123581.

15. Fisher III W. W., Oberholzer-Gee F. Strategic management of intellectual property: an integrated approach //California management review. – 2013. – Т. 55. – №. 4. – С. 157-183.

16. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition //Technovation. – 2020. – Т. 90. – С. 102098.

17. Grimaldi M., Greco M., Cricelli L. A framework of intellectual property protection strategies and open innovation //Journal of Business Research. – 2021. – Т. 123. – С. 156-164.

18. Hayter C. S., Link A. N. From discovery to commercialization: Accretive intellectual property strategies among small, knowledge-based firms //Small Business Economics. – 2022. – Т. 58. – №. 3. – С. 1367-1377.

19. Holgersson M., Van Santen S. The business of intellectual property: a literature review of IP management research //Stockholm Intellectual Property Law Review. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 44-63.

20. Koch F. et al. Innovation in the creative industries: Linking the founder's creative and business orientation to innovation outcomes //Creativity and Innovation Management. – 2023. – Т. 32. – №. 2. – С. 281-297.

21. Intellectual Property and the Creative Economy : CDIP/26 Secretariat's Presentation / World Intellectual Property Organization. – Geneva : WIPO, 2020. – URL: https://www.wipo.int/edocs/mdocs/mdocs/en/cdip_26/cdip_26_presentation.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

22. Malik N. et al. Blockchain technology for creative industries: Current state and research opportunities //International Journal of Research in Marketing. – 2023. – Т. 40. – №. 1. – С. 38-48.

23. Mawardwita R., Nasution R. A. Intellectual Property Commercialization in the Creative Industry: An Integrative Literature Review //Economics and Business Quarterly Reviews. – 2024. – Т. 7. – №. 2.

24. Re|Shaping Policies for Creativity: Addressing Culture as a Global Public Good / UNESCO. – Paris : UNESCO, 2022. – URL: https://www.unesco.org/reports/reshaping-creativity/2022/en (дата обращения: 21.04.2026).

25. Snowball, Jen, et al. Innovation and Diversity in the Digital Cultural and Creative Industries. Journal of Cultural Economics, vol. 45, no. 4, 2021, pp. 705–33.

26. UNCTAD. Creative Economy Outlook 2024 / United Nations Conference on Trade and Development. – Geneva : United Nations Trade and Development, 2024. – URL: https://unctad.org/publication/creative-economy-outlook-2024 (дата обращения: 20.04.2026).

Approaches to Intellectual Property Management in Creative Industries

Yakovlev A.V.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article examines modern approaches to intellectual property (IP) management in the creative industries. The theoretical basis for the study is based on international and Russian academic publications, which identify six approaches: strategic-integrative, commercialization-based, open, technological-tokenization-based, adaptive-regulatory for AI-generated content, and institutional-infrastructure-based. A comparative analysis shows that these approaches are not mutually exclusive. The choice of a specific approach is determined by the subsector, the nature of the innovation, market dynamics, and the state of the legal environment. The analysis substantiates the feasibility of a hybrid meta-model for IP management in the creative industries.

Keywords: creative economy, intellectual property (IP), intellectual property management, copyright, open licensing, blockchain, NFTs, generative AI.

References

1. On the Development of Creative Industries in the Russian Federation: Federal Law of August 8, 2024 No. 330-FZ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_482580/ (accessed: April 20, 2026).
2. On Approval of the Concept for the Development of Creative Industries and Mechanisms for Implementing State Support Therefor in Large and Major Urban Agglomerations until 2030: Order of the Government of the Russian Federation of September 20, 2021 No. 2613-r: as amended on January 26, 2024 No. 145-r. – URL: http://government.ru/docs/all/136723/ (date of access: 20.04.2026).
3. Baskakova I. V. et al. Local identity as a basis for the formation of creative clusters in the cities of the Urals and Siberia // Creative Economy. – 2023. – Vol. 17. – No. 12. – Pp. 4729-4748.
4. Creative Economy: official section / Ministry of Economic Development of the Russian Federation. – URL: https://economy.gov.ru/material/departments/d04/kreativnaya_ekonomika/ (date of access: 29.04.2026).
5. Creative Economy Today. Russia / Ministry of Economic Development of the Russian Federation. – Moscow, 2025. – 48 p.
6. Russia's Creative Sector in Figures: 2024 / Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University Higher School of Economics. Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2024. Available at: https://issek.hse.ru/news/996745368.html (Accessed: 29.04.2026).
7. V. N. Sinelnikova, M. D. Pleshkova. Creative Industries: The Fashion Market as an Example // Works on Intellectual Property. 2025. Vol. 55. No. 4. pp. 58-67.
8. WIPO Strategy for Standard-Setting Patents for 2024–2026 / World Intellectual Property Organization. – Geneva: WIPO, 2024. – URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/ru/wipo-pub-rn2024-12-ru-wipo-strategy-on-standard-essential-patents-2024-2026.pdf (accessed 20.04.2026)
9. Turgel I. D. et al. Methodological approaches to measuring creative industries // Economics and Management: scientific and practical journal. - 2022. - No. 6 (168). - P. 19.
10. Shumakova N. I., Dzh. L. D., Titova E. V. Towards legal regulation of generative AI in the creative industry // Journal of Digital Technologies and Law. - 2023. - Vol. 1. - No. 4. - P. 880-908.
11. Shcherban, E. G. Assessment of the development of creative industries of the Russian economy / E. G. Shcherban; Volga Region Institute of Management named after P. A. Stolypin - branch of RANEPA, Office of the Federal State Statistics Service for the Saratov Region. – Saratov, 2024. – URL: https://64.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%A9%D0%B5%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D1%8C%20%D0%95.%D0%93.(1).pdf (date of access: 04/20/2026).
12. Adebiyi O. I., Adeusi O. C. Examining legal and ethical frameworks for protecting intellectual property rights in AI-generated content across creative industries // World Journal of Advanced Research and Reviews. – 2025. – T. 26. – No. 3. – pp. 1553-1561.
13. Ayerbe C., Boulos C., Castellaneta F. Navigating protection mechanisms and innovation models: A literature-based configurational framework of intellectual property strategies //Technovation. – 2024. – T. 137. – P. 103101.
14. Erickson K., Homberg F., Kretschmer M. The role of openness in creative innovation: Evidence from digital crowdfunding //Technological Forecasting and Social Change. – 2024. – T. 206. – P. 123581.
15. Fisher III W. W., Oberholzer-Gee F. Strategic management of intellectual property: an integrated approach //California management review. – 2013. – T. 55. – No. 4. – pp. 157-183.
16. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition //Technovation. – 2020. – T. 90. – P. 102098.
17. Grimaldi M., Greco M., Cricelli L. A framework of intellectual property protection strategies and open innovation // Journal of Business Research. – 2021. – T. 123. – P. 156-164.
18. Hayter C. S., Link A. N. From discovery to commercialization: Accretive intellectual property strategies among small, knowledge-based firms // Small Business Economics. – 2022. – T. 58. – No. 3. – pp. 1367-1377.
19. Holgersson M., Van Santen S. The business of intellectual property: a literature review of IP management research //Stockholm Intellectual Property Law Review. – 2018. – T. 1. – No. 1. – pp. 44-63.
20. Koch F. et al. Innovation in the creative industries: Linking the founder's creative and business orientation to innovation outcomes //Creativity and Innovation Management. – 2023. – T. 32. – No. 2. – pp. 281-297.
21. Intellectual Property and the Creative Economy: CDIP/26 Secretariat's Presentation / World Intellectual Property Organization. – Geneva : WIPO, 2020. – URL: https://www.wipo.int/edocs/mdocs/mdocs/en/cdip_26/cdip_26_presentation.pdf (access date: 04/24/2026).
22. Malik N. et al. Blockchain technology for creative industries: Current state and research opportunities //International Journal of Research in Marketing. – 2023. – T. 40. – No. 1. – pp. 38-48.
23. Mawardwita R., Nasution R. A. Intellectual Property Commercialization in the Creative Industry: An Integrative Literature Review //Economics and Business Quarterly Reviews. – 2024. – T. 7. – No. 2.
24. Re|Shaping Policies for Creativity: Addressing Culture as a Global Public Good / UNESCO. – Paris: UNESCO, 2022. – URL: https://www.unesco.org/reports/reshaping-creativity/2022/en (access date: 04/21/2026).
25. Snowball, Jen, et al. Innovation and Diversity in the Digital Cultural and Creative Industries. Journal of Cultural Economics, vol. 45, no. 4, 2021, pp. 705–33.
26. UNCTAD. Creative Economy Outlook 2024 / United Nations Conference on Trade and Development. – Geneva: United Nations Trade and Development, 2024. – URL: https://unctad.org/publication/creative-economy-outlook-2024 (access date: 04/20/2026).

Стратегическое управление промышленными предприятиями: сущность, эволюция и современные тенденции

Савосина Светлана Андреевна
к.э.н., Всероссийский научно-исследовательский институт «Центр»

В условиях динамично развивающейся глобальной экономики и научно-технического прогресса стратегическое управление становится ключевым фактором устойчивого развития и конкурентоспособности промышленных предприятий. В данной статье комплексно исследуются сущность, теоретические основы, историческая эволюция и современные тенденции стратегического управления в российской промышленности. Рассмотрены ключевые концепции, научные школы и подходы к формированию и реализации стратегий. Особое внимание уделено эволюции управления – от оперативного планирования к комплексному стратегическому менеджменту, а также анализу современных трендов: цифровой трансформации, устойчивого развития и управления инновациями. Показано их влияние на кадровое обеспечение промышленных предприятий. Практические аспекты иллюстрируются на примерах крупных российских предприятий (компаний).

Ключевые слова: стратегическое управление, промышленное предприятие, стратегия, конкурентоспособность, эволюция, современные тенденции, инновации, цифровая трансформация, устойчивое развитие, кадровое обеспечение.

Введение

Современная российская промышленность функционирует в сложных условиях санкционного противостояния недружественным странам, стремительных технологических изменений, усиления глобальной конкуренции и возрастающих требований к экологической и социальной ответственности. В этих условиях способность предприятия адаптироваться, противостать вызовам и использовать новые возможности становится определяющим фактором его выживания и развития. Именно эти задачи решает стратегическое управление.

Стратегическое управление - это не просто набор инструментов планирования, а целостная философия, ориентированная на долгосрочные цели и формирование устойчивых конкурентных преимуществ. Для промышленных предприятий, которые характеризуются значительными инвестициями в основные фонды, сложными производственными цепочками и длительными проектами, грамотное стратегическое управление является критически важным. Оно позволяет эффективно распределять ресурсы, управлять рисками, стимулировать инновации и обеспечивать соответствие деятельности предприятия изменяющимся внешним условиям.

Целью данной статьи является всестороннее рассмотрение феномена стратегического управления в контексте промышленных предприятий. На основе анализа сущности и теоретических основ показана эволюция подходов, выявлены ключевые современные тенденции и оценено их влияние на практику российских промышленных предприятий, в частности, на кадровое обеспечение.

1. Сущность и теоретические основы стратегического управления промышленными предприятиями

Стратегическое управление – это высшая форма управления, процесс, посредством которого предприятие определяет свое будущее: формулирует долгосрочные цели, выбирает пути их достижения и мобилизует ресурсы для реализации выбранного курса. Его основа - достижение устойчивого конкурентного преимущества, позволяющего предприятию превосходить конкурентов в долгосрочной перспективе.

Для промышленных предприятий сущность стратегического управления раскрывается в следующих функциях:

- обеспечение предвидения: позволяет прогнозировать изменения во внешней среде (рыночные тренды, технологические прорывы, изменения в законодательстве, геополитические сдвиги) и заблаговременная адаптация деятельности, производственных процессов и «продуктового портфеля»;
- формирование конкурентных преимущества путем выявления и развития уникальных компетенций, ресурсов и возможностей, которые отличают предприятие от конкурентов и позволяют ему занимать выгодное положение на рынке. Это может быть технологическое лидерство, низкая себестоимость, высокое качество продукции, сильный бренд и др.;
- оптимизация распределения ресурсов путем направления инвестиций, финансовых, человеческих и материальных ресурсов на наиболее перспективные направления, соответствующие долгосрочной стратегии предприятия;
- интеграция деятельности, позволяющая обеспечить согласованность и синергию действий всех подразделений предприятия (производство, маркетинг, НИОКР, финансы, персонал) для достижения общих стратегических целей;
- создание основы для принятия управленческих решений, которая предоставляет руководству четкие ориентиры и критерии для принятия как оперативных, так и долгосрочных решений.

Промышленный сектор имеет ряд специфических особенностей, которые накладывают отпечаток на процесс стратегического управления:

Высокая капиталоемкость.

Промышленные предприятия, как правило, требуют значительных инвестиций в основные фонды (здания, сооружения, оборудование). Это означает, что стратегические решения, связанные с модернизацией, расширением или изменением производственных мощностей, имеют долгосрочные последствия и связаны с высокими рисками.

Длительные производственные и инвестиционные циклы.

Разработка и внедрение новых технологий, запуск новых производственных линий или продуктов могут растянуться на годы. Это требует особого внимания к долгосрочному планированию и прогнозированию.

Сложность производственных и технологических процессов.

Производство часто включает многостадийные, взаимосвязанные процессы, требующие высокого уровня координации и контроля. Инновации и технологические изменения должны быть тщательно интегрированы в существующие процессы.

Важность управления цепочками поставок.

Промышленные предприятия зависят от поставщиков сырья, комплектующих и логистических партнеров. Эффективное управление всей цепочкой создания стоимости является критически важным для обеспечения бесперебойности производства и конкурентоспособности.

Влияние внешних факторов.

Промышленность сильно зависит от макроэкономической ситуации, цен на сырье и энергию, государственной политики, а также от глобальных технологических трендов.

Потребность в квалифицированных кадрах.

Производственные процессы требуют наличия на предприятии высококвалифицированных рабочих, инженеров, технологов. Вопросы подготовки, удержания и развития персонала имеют первостепенное значение для успешного решения задач и достижения поставленных целей.

Процесс стратегического управления обычно включает целый ряд ключевых этапов:

Стратегический анализ.

Анализ внешней среды. Он включает в себя исследование макросреды (PESTEL-анализ: политические, экономические, социокультурные, технологические, экологические, правовые факторы) и микросреды (анализ отрасли по Портеру: угроза появления новых игроков-конкурентов, рыночная власть поставщиков, рыночная власть потребителей, угроза появления заменителей).

Анализ внутренней среды, включающий оценку сильных и слабых сторон предприятия (ресурсы, компетенции, финансовое состояние, производственные мощности, организационная структура, корпоративная культура). При анализе внутренней среды используются следующие инструменты: SWOT-анализ, анализ цепочки ценности.

Стратегическое формирование (разработка):

При определении миссии предприятия следует формулировать высшую цель существования предприятия и определить желаемое будущее состояние.

Руководителям предприятий при постановке стратегических целей следует определить конкретные, достижимые, релевантные и ограниченные по времени (SMART). При выборе же стратегии необходимо определить какими путями планируется достижение этих целей. Они могут быть закреплены в следующих ниже предлагаемых стратегиях:

А) корпоративные стратегии: диверсификация, интеграция (вертикальная, горизонтальная), концентрация, сокращение.

Б) конкурентные стратегии: лидерство по издержкам, дифференциация, фокусирование.

В) функциональные стратегии, которые включают в себя стратегии маркетинга, производства, финансов, деятельность, связанная с выполнением НИОКР, управление персоналом.

Реализация (внедрение) стратегии должна включать целый ряд мероприятий. Основное мероприятие, без которого не может быть организовано нормальное функционирование предприятия – это планирование. Разработанная стратегия должна быть детализирована в конкретных программных документах, проектах. Эти документы не формальные. В них в обязательном порядке следует определить конкретных ответственных лиц предприятия, установить четкие сроки выполнения. Кроме этого, руководителю следует организовать контроль за выполнением предусмотренных в планах мероприятий с заслушиванием отчетов, докладов о ходе реализации.

После определения целей стратегии развития предприятия необходимо проработать организационные изменения. Они включают адаптацию организационной структуры, бизнес-процессов, систем управления с учетом тех целей, которые определены. При необходимости проводятся структурные изменения, создаются новые подразделения.

Организационные изменения возможно осуществить при наличии соответствующих ресурсов, которые выделяются исходя из финансовых возможностей предприятия и кадровой обеспеченности.

В период подготовки планируемых изменений требуется проведение соответствующей работы в коллективе. Необходимо формировать приверженность новой стратегии, возможно преодоление сопротивления персонала, вовлечение его в реализацию стратегии.

Для поддержания стратегии необходимо в коллективе формировать и развивать корпоративную культуру.

К стратегическому контролю и оценке относятся:

- мониторинг ключевых показателей эффективности (KPI), благодаря которому отслеживается прогресс в достижении стратегических целей;

- оценка эффективности реализуемых мер путем анализа отклонений от плановых показателей, выявление причин успехов и неудач;

- корректировка стратегии внесением необходимых изменений в стратегию и планы на основе результатов контроля и изменившихся условий.

Для того, чтобы понять, как это реализовывалось на практике, можно привести следующий пример.

Российский машиностроительный завод, столкнувшись с сокращением государственного оборонного заказа (анализ внешней среды), выявил свою сильную сторону – производство высокоточного оборудования (внутренний анализ). Стратегическим решением стала диверсификация в производство комплектующих для гражданской авиации и энергетического машиностроения (выбор стратегии). Реализация включает модернизацию производственных линий, обучение персонала и заключение контрактов с новыми заказчиками (реализация). Контроль осуществляется через мониторинг объемов продаж и рентабельность новых направлений (контроль).

2. Историческое развитие стратегического управления промышленными предприятиями

Подходы к управлению промышленными предприятиями эволюционировали вместе с развитием самой индустрии и экономической мысли. Анализируя историческое развитие страны, можно выделить 8 этапов стратегического управления промышленными предприятиями.

2.1. Дореволюционный период (до 1917 г.).

В этот период управление носило патриархальный характер. Преобладали мелкие и средние предприятия. Отсутствовало системное стратегическое планирование. Управление рассматривалось как набор технических и административных правил. Стратегия как отдельная функция практически отсутствовала. Основное внимание уделялось операционной эффективности контроля.

2.2. Довоенный период планирования и прогнозирования (1917 – 1941 гг.).

Этот период в целом ознаменовался бурным развитием промышленности, появлением крупных фабрик и заводов, стандартизацией производства. Управление носило преимущественно операционный и административный характер. Основное внимание уделялось повышению эффективности производственных процессов, снижению издержек, контролю качества и дисциплине труда.

2.3. Период Великой Отечественной войны (1941- 1945 гг.).

В этот период вся промышленность СССР выполняла задачи в интересах обеспечения потребностей военного времени.

2.4. Период после Второй мировой войны и роста неопределенности (1945 – 1960 гг.).

Это период послевоенного восстановления, экономического роста, но также и усиления конкуренции, появления новых технологий. Началось осознание необходимости более долгосрочного планирования. Появились первые формы такого долгосрочного планирования, основанные на экстраполяции прошлых тенденций и прогнозировании рынка. Появляется концепция "стратегического планирования". Предприятия начали составлять пятилетние планы, фокусируясь на росте объемов производства и рыночной доли. Крупные корпорации начали создавать отделы планирования, которые занимались прогнозированием спроса и производственных мощностей.

2.5. Период стратегического планирования (1960-е - 1980-е гг.).

Этот период считается "золотым веком" стратегического планирования. Компании активно разрабатывали формализованные долгосрочные планы (5-10-20 лет), основанные на анализе внешней среды и внутренних ресурсов. Управление стало более прогнозным и ориентированным на рост.

Ключевые особенности, которые связаны с этим периодом:

- SWOT-анализ, который разработан Альбертом Хамфри в 1960-х гг. для анализа сильных и слабых сторон, возможностей и угроз;

- матрица BCG (Бостонской консалтинговой группы) – инструмент, позволяющий анализировать портфель продуктов и принятия решений об инвестировании;

- концепция жизненного цикла продукта (Product Life Cycle), позволяющий анализировать стадии развития продукта для принятия маркетинговых и производственных решений;

- планирование сценариев: разработка нескольких возможных сценариев будущего для снижения неопределенности.

2.6. Период стратегического менеджмента (1980 - 1990 гг.).

В этот период происходит осознание того, что наличие формального плана недостаточно для успеха. Возрастает внимание к реализации стратегии, конкурентным преимуществам и гибкости. Управление становится более ориентированным на действие, развитие и конкуренцию.

Ключевые идеи данного периода:

- конкурентные стратегии (М. Портер), акцент которых сфокусирован на трех основных стратегиях: лидерство по издержкам, дифференциация, фокусирование (нишевая стратегия);

- ценностная цепь (М. Портер), которая считает необходимым анализировать основные и вспомогательные виды деятельности, создающие ценность для потребителя, для выявления источников конкурентных преимуществ;

- ресурсно-ориентированный подход (Resource-Based View - RBV), суть которого сводится к выделению роли уникальных и трудноимитируемых ресурсов и компетенций компании как основы устойчивых конкурентных преимуществ.

- управление по целям (Management by Objectives - MBO), представляющее собой систему постановки целей и оценки их достижения.

В этот период компании начинают активно работать над улучшением качества продукции (TQM - Total Quality Management), оптимизировать цепочки поставок, развивать клиентский сервис.

2.7. Постсоветский период (1991–2000 гг.).

Наблюдается переход к рыночной экономике. Появляется кризис управления из-за отсутствия опыта. Предпринимаются попытки внедрения западных моделей (TQM, реинжиниринг).

2.8. Современный этап: динамическое стратегическое управление (с 2000 г. по настоящее время)

В условиях ускорения изменений, глобализации, цифровой трансформации и возрастающих требований к устойчивости, стратегическое управление становится динамичным, гибким, сетевым и ориентированным на инновации. Акцент смещается с долгосрочного планирования на непрерывное сканирование среды, быструю адаптацию и обучение.

Ключевые, характеризующие указанный период управления предприятиями имеют следующие особенности:

- управление знаниями и инновациями: осознание роли знаний, творчества и инноваций как основного драйвера роста;

- цифровая трансформация: использование цифровых технологий для оптимизации процессов, создания новых продуктов и бизнес-моделей;

- устойчивое развитие (Sustainability): интеграция экологических, социальных и управленческих (ESG) факторов в стратегию;

- стратегические альянсы и партнерства: создание сетей и экосистем для совместного развития и доступа к новым рынкам и технологиям;

- agile-управление: применение гибких методологий для быстрой адаптации к изменениям;

- сценарное планирование и стратегическое предвидение (Strategic Foresight): более активное использование инструментов для анализа неопределенности и формирования устойчивых стратегий;

Предприятия активно внедряют ИИ, аналитику больших данных, создающие цифровые платформы, инвестируют в "зеленые" технологии.

3. Современные тенденции стратегического управления в промышленности

Современные промышленные предприятия сталкиваются с рядом глобальных вызовов и возможностей, которые формируют новые подходы к стратегическому управлению.

3.1. Цифровая трансформация и Индустрия 4.0.

Интеграция цифровых технологий (Интернет вещей (IoT), внедрение искусственного интеллекта (AI) [12], использование больших данных (Big Data), роботизация. Концепция "Индустрии 4.0" предполагает создание "умных" производств, где машины, системы и люди взаимодействуют в режиме реального времени.

Отмечается влияние на стратегию через:

- новые бизнес-модели, заключающиеся в переходе от продажи продуктов к продаже услуг (Product-as-a-Service), в создании цифровых платформ, происходит персонализация продукции;

- оптимизацию производственных процессов путем предиктивного обслуживания оборудования, автоматизации контроля качества, гибкого планирование производства;

- улучшение цепочек поставок путем повышения прозрачности, отслеживаемости и эффективности логистики;

- развитие новых продуктов и услуг: создание "умных" продуктов, интегрированных в цифровые экосистемы.

Для иллюстрации можно привести следующий пример. Производитель станков переходит от продажи оборудования к предложению комплексных решений, включающих установку, обслуживание, обучение и мониторинг работы станков в реальном времени с использованием IoT-датчиков. Это позволяет компании получать стабильный доход от услуг и лучше понимать потребности клиентов.

3.2. Устойчивое развитие и ESG-принципы.

Происходит интеграция экологических (Environmental), социальных (Social) и управленческих (Governance) факторов в бизнес-стратегию. Это не только соответствие законодательным требованиям, но и создание долгосрочной ценности для всех стейкхолдеров [13], снижение рисков и повышение репутации.

Влияние на стратегию происходит путем:

- экологической ответственности, благодаря чему снижаются выбросы, отмечается энергоэффективность, происходит управление отходами, используются возобновляемые источники энергии, разрабатываются "зеленые" продукты;

- социальной ответственности, в результате чего создаются безопасные условия труда, осуществляется справедливая оплата, развивается персонал, наблюдается взаимодействие с местными сообществами, уделяется внимание соблюдению прав человека в цепочках поставок;

- корпоративного управления, включающего такие элементы, как прозрачность, подотчетность, этичность ведения бизнеса, независимость совета директоров.

Практический пример. Металлургический комбинат инвестирует в технологии очистки выбросов, внедряет программы по снижению потребления воды и энергии, разрабатывает программы поддержки местных образовательных учреждений и создает прозрачную систему отчетности по ESG-показателям. Это улучшает его имидж, привлекает ответственных инвесторов и снижает риски штрафов.

3.3. Управление инновациями и технологическое лидерство.

Стратегическое управление инновациями становится ключевым фактором конкурентоспособности. Предприятия должны не только внедрять новые технологии, но и создавать культуру, способствующую генерации и реализации новых идей.

Влияние на стратегию происходит следующим образом:

- инвестиции в R&D: увеличение бюджетов на исследования и разработки;

- открытые инновации (Open Innovation): сотрудничество с внешними партнерами (университетами, стартапами, другими компаниями) для разработки новых продуктов и технологий;

- создание инновационных экосистем: формирование сред, стимулирующих творчество и эксперименты;

- быстрый вывод новых продуктов на рынок: сокращение времени от идеи до коммерциализации.

Практический пример. Предприятие, выпускающее фармацевтическую продукцию, активно сотрудничает с биотехнологическими стартапами, приобретает перспективные разработки и инвестирует в совместные исследовательские центры с ведущими университетами, чтобы ускорить разработку новых лекарств.

3.4. Глобализация и регионализация.

Промышленные предприятия продолжают работать в глобальном масштабе, но одновременно наблюдается тенденция к регионализации производственных цепочек из-за геополитических рисков, торговых барьеров и стремления к повышению устойчивости поставок.

Влияние на стратегию:

- диверсификация рынков и поставщиков: снижение зависимости от одного региона или страны;

- гибкое управление цепочками поставок: создание более устойчивых и адаптивных логистических сетей;

- локализация производства: размещение производственных мощностей ближе к ключевым рынкам.

3.5. Управление талантами и развитие человеческого капитала.

В условиях цифровизации и усложнения технологий, квалифицированные кадры становятся одним из ключевых факторов успеха.

Стратегические импликации:

- привлечение и удержание талантов: создание привлекательных условий труда, конкурентоспособной заработной платы, возможностей для карьерного роста;

- непрерывное обучение и переквалификация: адаптация персонала к новым технологиям и требованиям;

- развитие лидерских качеств: формирование нового типа руководителей, способных управлять в условиях неопределенности;

- гибкие формы занятости: адаптация к меняющимся потребностям работников.

Практический пример. Многие крупные промышленные холдинги (например, "НЛМК", "Уралкалий") создают собственные корпоративные университеты, программы стажировок и развития молодых специалистов, чтобы обеспечить себя квалифицированными кадрами, и это дает положительный результат.

3.6. Кадровое обеспечение стратегического управления промышленными предприятиями.

Реализация любой стратегии напрямую зависит от человеческого капитала. В контексте современных тенденций стратегического управления, требования к персоналу промышленных предприятий значительно возрастают.

Возникла потребность в новых компетенциях:

- цифровые навыки: специалисты, способные работать с новыми технологиями (AI, Big Data, IoT), программисты, аналитики данных, специалисты по кибербезопасности;

- инновационные компетенции: креативность, способность к обучению, навыки решения проблем, умение работать в междисциплинарных командах;

- стратегическое мышление: способность видеть общую картину, понимать взаимосвязи, предвидеть последствия принятых решений;

- навыки управления изменениями: умение адаптироваться к новым условиям, преодолевать сопротивление, мотивировать других;

- ESG-компетенции: понимание принципов устойчивого развития, экологической и социальной ответственности.

Для формирования кадровой стратегии необходимо предусмотреть и провести следующие мероприятия:

- привлечение талантов. Для этого потребуется разработка привлекательных предложений для высококвалифицированных специалистов, включая конкурентную заработную плату, предусмотреть возможности для профессионального роста, внедрять интересные проекты;

- развитие и переобучение происходит за счет инвестирования в программы повышения квалификации, переобучения персонала для освоения новых технологий и компетенций;

- создание мотивирующей среды, формирующей корпоративную культуру, основанную на доверии, сотрудничестве, признании достижений и возможностях для самореализации;

- развитие лидерства, целью которого подготовка непосредственных лидеров, способных вести команды в условиях неопределенности, мотивировать на достижение стратегических целей;

- использование гибких форм занятости. Это подразумевает привлечение внешних экспертов, консультантов, использование проектных команд.

Практический пример. Крупный машиностроительный завод запускает программу "Цифровой инженер", включающую обучение существующих инженеров работе с системами CAD/CAM/CAE нового поколения, системами управления производством и основами анализа данных. Параллельно завод активно сотрудничает с ведущими техническими вузами, предлагая студентам стажировки и стипендии, чтобы привлечь молодых специалистов с актуальными цифровыми навыками.

Примеры стратегического управления в крупных российских компаниях.

ПАО "Газпром нефть".

Стратегия этой организации, которая является технологическим лидером нефтегазового рынка России, направлена на диверсификацию бизнеса, развитие глубокой переработки нефти, освоение новых месторождений (включая шельфовые и арктические), активное внедрение цифровых технологий.

Ключевыми элементами стратегии являются следующие:

- инвестиции в R&D: создание современных научно-технических центров, разработка собственных технологий;

- цифровая трансформация: "Цифровое месторождение", AI в геологоразведке и добыче, Big Data для оптимизации процессов;

- ESG: программы по снижению углеродного следа, управлению водными ресурсами, повышению промышленной безопасности.

- кадровое обеспечение: корпоративный университет, программы развития молодых специалистов, привлечение высококвалифицированных специалистов.

ПАО "ГМК "Норильский никель".

Одна из крупнейших компаний в мире по производству палладия и никеля, также производит платину, медь, золото и серебро.

Стратегия этой компании направлена на модернизацию производства, повышение операционной эффективности, снижение экологической нагрузки и развитие ресурсной базы. Компания активно инвестирует в новые технологии, направленные на снижение воздействия на окружающую среду (например, программы по сокращению выбросов диоксида серы).

Современные тенденции: активное внедрение цифровых технологий в горно-металлургической отрасли (автоматизация добычи, использование дронов для мониторинга, цифровые двойники производственных активов). Усиление внимания к ESG-повестке, включая программы по снижению углеродного следа.

Кадровое обеспечение осуществляется благодаря значительным инвестициям в обучение и развитие персонала, реализации программ по привлечению молодых специалистов в производственные и управленческие процессы.

ПАО "Северсталь".

Одна из крупнейших в мире вертикально-интегрированных сталелитейных и горнодобывающих компаний.

Стратегия этой компании ориентирована на лидерство по издержкам, повышение качества продукции, диверсификацию (например, развитие направления металлоконструкций) и устойчивое развитие. Компания ставит амбициозные цели по снижению выбросов парниковых газов.

Современные тенденции направлены на активное использование цифровизации для оптимизации производственных цепочек, внедрение элементов "умного" производства. Инвестиции компании направляются на разработку новых видов стали с улучшенными свойствами, активно развиваются программы по повышению энергоэффективности и снижению воздействия на окружающую среду.

Кадровое обеспечение осуществляется путем развития корпоративного университета, реализации программ по привлечению и удержанию высококвалифицированных инженеров и управленцев, развития культуры безопасности и эффективности деятельности.

ГК "Росатом".

Государственная корпорация, объединяющая активы в атомной отрасли России, включая всю цепочку ядерных технологий – от добычи урана до строительства АЭС и обращения с отходами.

Стратегия этой корпорации направлена на укрепление лидерских позиций на мировом рынке атомной энергетики, развитие новых направлений (например, ветроэнергетика, производство радиоизотопов, технологии хранения энергии), повышение операционной эффективности и безопасности.

Современные тенденции сосредоточены на развитии цифровых платформ для управления проектами, применении AI для моделирования и прогнозирования, особое внимание уделяется развитию "зеленой" энергетики. Компания реализует комплексные энергетические проекты, включая не только строительство АЭС, но и развитие сопутствующей инфраструктуры.

Кадровое обеспечение осуществляется за счет реализации масштабных программ подготовки кадров для атомной отрасли, развития центров компетенций, привлечения международных специалистов, формирования культуры безопасности и качества.

Эти примеры показывают, что российские промышленные гиганты активно интегрируют современные тенденции в свои стратегии, фокусируясь на технологическом развитии, цифровизации, устойчивом развитии и повышении эффективности управления персоналом. Они, используя различные подходы стратегического управления, демонстрируют ориентацию на долгосрочные цели и успешно адаптируются к изменяющимся рыночным условиям, а также внешним факторам, в том числе связанным с беспрецедентным санкционным давлением недружественных стран.

Заключение

Стратегическое управление является неотъемлемым элементом успешного функционирования и развития промышленных предприятий в современной экономике. Его эволюция отражает динамику изменений в бизнес-среде и экономической науке, переходя от директивного планирования к гибкому, адаптивному менеджменту, ориентированному на создание устойчивых конкурентных преимуществ.

Современные тенденции, такие как цифровая трансформация, устойчивое развитие, глобализация и необходимость постоянных инноваций, внедрение искусственного интеллекта, предъявляют новые требования к стратегическим процессам. Они требуют от предприятий не только разработки грамотной стратегии, но и создания соответствующей организационной структуры, культуры и, что особенно важно, формирования высококвалифицированного кадрового потенциала. Управление талантами, развитие новых компетенций и стратегическое кадровое планирование становятся ключевыми задачами для HR-служб и руководства промышленных предприятий.

Примеры крупных российских компаний, таких как "Газпром нефть", «Норильский никель», "Северсталь", "Росатом", показывают,

что успешное применение современных подходов к стратегическому управлению позволяет им не только справляться с вызовами времени, но и достигать лидирующих позиций на национальном и международном уровнях.

Литература

1. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф; пер. с англ. — СПб. : Питер, 2009. — 320 с.
2. Грант, Р. Современный стратегический анализ / Р. Грант; пер. с англ. — 7-е изд. — СПб.: Питер, 2017. — 752 с.
3. Друкер, П. Ф. Задачи менеджмента в XXI веке / П. Ф. Друкер; пер. с англ. — М.: Вильямс, 2004. — 272 с.
4. Каплан, Р. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р. Каплан, Д. П. Нортон; пер. с англ. — М.: Олимп-Бизнес, 2006. — 320 с.
5. Петрова, Е.В. Устойчивое развитие как элемент стратегического управления современным промышленным предприятием // Менеджмент в России и за рубежом. – 2022. – № 3. – С. 78-89. (Исследование актуальной темы устойчивого развития).
6. Портер, М. Е. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / М. Е. Портер; пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. — 715 с.
7. Романов Е.В., Романова Е.В. Стратегическое управление. 2-е изд., перераб. и доп. М. - 2025. – 360 с. – SBN 978-5-507-51579-0.
8. Савосина С.А., Юргин И.В. Влияние демографии на экономическое развитие страны / Экономика и управление: проблемы, решения». - М., № 12, т. 23, 2025;
9. Смирнов, И. Г. Кадровое обеспечение стратегического развития промышленных предприятий // Управление персоналом. – 2023. – № 1. – С. 15-22. (Пример статьи, посвященной кадровому обеспечению).
10. Хаммель, Г. Прорыв в менеджменте. Как крупные компании достигают взрывного роста / Г. Хаммель, К. К. Прахалад; пер. с англ. — М. Олимп-Бизнес, 2004. — 240 с.
11. Голубков Е. П. Стратегический менеджмент: учебник и практикум для вузов / Е.П. Голубков. — М.: Издательство Юрайт, 2025. — 278 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15505-1. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL://https://urait.ru/book/strategicheskiy-menedzhment-598461, (дата обращения: 21.03.2026).
12. Гусев П.Ю., Атласов Д.И. и др. Использование нейронной сети deepseek в профессиональной подготовке аспирантов. - Воронеж: изд.-пол. Центр "Научная книга", 2025. – 268 С. - Текст: электронный, URL://https://elibrary.ru/item.asp?id=82731961, (дата обращения 25.03.2026)
13. Кравцова О.С., Марьевская Н.Г. Корпоративное управление в условиях esg-факторов: интеграция экологии, социальной ответственности и управления в стратегию компании. – Пенза: сборник статей XXIII Международного научно-исследовательского конкурса, 2025. – С. 29-33. - Текст: электронный, URL://https://elibrary.ru/item.asp?id=79507012, (дата обращения 24.03.2026).

Strategic Management of Industrial Enterprises: Essence, Evolution, and Current Trends

Savosina S.A.
All-Russian Research Institute "Center"

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

In the context of a dynamically developing global economy and scientific and technological progress, strategic management is becoming a key factor in the sustainable development and competitiveness of industrial enterprises. This article comprehensively examines the essence, theoretical foundations, historical evolution, and current trends of strategic management in Russian industry. Key concepts, schools of thought, and approaches to strategy formulation and implementation are examined. Particular attention is paid to the evolution of management—from operational planning to integrated strategic management—and to an analysis of current trends: digital transformation, sustainable development, and innovation management. Their impact on the staffing of industrial enterprises is demonstrated. Practical aspects are illustrated using examples from large Russian enterprises (companies).

Keywords: strategic management, industrial enterprise, strategy, competitiveness, evolution, current trends, innovation, digital transformation, sustainable development, staffing.

References

1. Ansoff, I. Strategic Management / I. Ansoff; translated from English. — St. Petersburg: Piter, 2009. — 320 p.
2. Grant, R. Modern Strategic Analysis / R. Grant; translated from English. — 7th ed. — St. Petersburg: Piter, 2017. — 752 p.
3. Drucker, P. F. Management Challenges in the 21st Century / P. F. Drucker; translated from English. — Moscow: Williams, 2004. — 272 p.
4. Kaplan, R. The Balanced Scorecard: From Strategy to Action / R. Kaplan, D. P. Norton; translated from English. — Moscow: Olimp-Business, 2006. — 320 p.
5. Petrova, E. V. Sustainable Development as an Element of Strategic Management of a Modern Industrial Enterprise // Management in Russia and Abroad. – 2022. – No. 3. – pp. 78-89. (Research on the current topic of sustainable development).
6. Porter, M. E. Competitive Strategy: Methodology for Analyzing Industries and Competitors / M. E. Porter; trans. from English. – Moscow: Alpina Business Books, 2006. – 715 p.
7. Romanov E. V., Romanova E. V. Strategic Management. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow - 2025. – 360 p. – SBN 978-5-507-51579-0.
8. Savosina S. A., Yurgin I. V. The Impact of Demography on the Country's Economic Development / Economy and Management: Problems, Solutions. - M., No. 12, Vol. 23, 2025;
9. Smirnov, I. G. Personnel Support for Strategic Development of Industrial Enterprises // Personnel Management. - 2023. - No. 1. - Pp. 15-22. (Example of an article on personnel support).
10. Hammel, G. Breakthrough in Management. How Large Companies Achieve Explosive Growth / G. Hammel, K. K. Prahalad; trans. from English. - M. Olimp-Business, 2004. - 240 p.
11. Golubkov, E. P. Strategic Management: Textbook and Workshop for Universities / E. P. Golubkov. - M.: Yurait Publishing House, 2025. - 278 p. - (Higher Education). - ISBN 978-5-534-15505-1. — Text: electronic // Educational platform Urayt [website]. — URL://https://urait.ru/book/strategicheskiy-menedzhment-598461, (date of access: 21.03.2026).
12. Gusev P. Yu., Atlasov D. I., et al. Using the deepseek neural network in the professional training of postgraduate students. - Voronezh: Publishing House "Scientific Book" Center, 2025. - 268 p. - Text: electronic, URL://https://elibrary.ru/item.asp?id=82731961, (date of access: 25.03.2026)
13. Kravtsova O. S., Maryevskaya N. G. Corporate governance in the context of ESG factors: integration of ecology, social responsibility, and management into the company's strategy. – Penza: collection of articles of the XXIII International research competition, 2025. – Pp. 29-33. - Text: electronic, URL: //https://elibrary.ru/item.asp?id=79507012, (date of access 03.24.2026).

Русский код в брендинге и рекламе как культурный и коммуникационный феномен

Александрова Наталья Александровна
доцент, кандидат экономических наук, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, aleksandrova_natalya_2016@mail.ru,

Глушкова Екатерина Евгеньевна
студент, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, kate2025rudn@gmail.com

Статья посвящена анализу феномена русского культурного кода в системе современного брендинга и рекламных коммуникаций. Рассматриваются теоретические основания понятия культурного кода, причины роста интереса к национальной идентичности в визуальной культуре, а также особенности использования русских узоров, орнаментальных принципов и кириллической типографики в айдентике брендов и рекламе. На основе анализа актуальных отраслевых и научных источников выявляются ключевые подходы к интеграции русского кода в коммуникационные стратегии. Приводится вывод о трансформации русского кода в стратегический ресурс формирования брендов с выраженным характером и устойчивой ценностной позицией.
Ключевые слова: культурный код, русский культурный код, аутентичность, реклама, мерч, брендинг, коммуникация, аудитория.

Понятие культурного кода

Современный этап развития брендинга и рекламных коммуникаций характеризуется смещением акцента с универсальных глобальных визуальных решений в сторону локальных и культурно обусловленных стратегий. В условиях острой конкуренции на рынке любой организации необходимо использовать грамотный брендинг и позиционирование, которые помогают потенциальному клиенту отличить компанию от конкурентов, сделать ее запоминаемой с помощью глубокого анализа целевой аудитории, подчеркивания уникальности товара и основных задач, стоящих перед компанией [1]. В условиях переизбытка визуальной информации и снижения доверия к прямым рекламным сообщениям бренды все чаще обращаются к символическим и ценностным основаниям коммуникации. Влияние культуры на экономические, политические и социальные отношения довольно сильно, и это приводит к формированию культурных кодов.

Одним из наиболее заметных проявлений данной тенденции в российском контексте становится активное использование русского культурного кода, который выступает инструментом формирования узнаваемости, эмоциональной вовлеченности и смысловой глубины брендов.

Понятие культурного кода в гуманитарных и маркетинговых исследованиях трактуется как совокупность устойчивых символов, образов, смыслов и визуальных форм, закрепленных в коллективном сознании общества. Культурный код выполняет функцию медиатора между отправителем и получателем сообщения, позволяя значительно ускорить процесс интерпретации и повысить степень доверия. В рекламе и брендинге культурный код становится неким способом обращения к коллективной памяти, идентичности и эмоциональному опыту аудитории. Людям близки бренды, которые отражают их повседневную жизнь и культуру. Им приятно видеть знакомые образы в рекламе, на упаковке, в дизайне. Всё больше покупателей выбирают товары с такими элементами.

Русский культурный код формировался на протяжении столетий и включает в себя сложный комплекс визуальных, текстовых и символических элементов. Культурный код — это не только традиции или менталитет. Это язык, на котором мы чувствуем и понимаем друг друга, а также ассоциации, бытовые образы, ценности, с которыми мы росли. В современном брендинге русский код перестает восприниматься как статичное наследие прошлого. Он становится динамичной системой, способной к трансформации и адаптации под актуальные коммуникационные задачи.

Чаще всего культурный код рассматривается в культурологии, социологии и лингвистике, в то время как его прикладное значение для брендинга остается недостаточно изученным.

Реклама давно является непосредственной частью культуры, а качественный культурный текст включает культурные коды определенных сообществ и целевых аудиторий. **Культурный код в рекламе России** используется для продвижения товаров, услуг и идей. Он опирается на особенности национальной культуры и обусловлен культурным окружением человека в начальный период жизни.

Ю.М. Лотман считает, что «культура представляет собой не только склад информации, но и механизм, который определяет способы хранения этой информации» [2]. В его концепции к**ультурный код** — это **особая семиотическая система знаков и их значений,** которая играет роль кода в тексте культуры. **Семиотика используется в рекламе** для анализа и разработки рекламных кампаний, брендинга, дизайна упаковки и визуальных коммуникаций. Маркетологи и дизайнеры применяют семиотический анализ для выявления значимых символов и создания убедительных образов, которые формируют нужные ассоциации у потребителей.

Заслуживает внимания точка зрения ученого-лингвиста М.В. Пименовой о том, что культурный код — «это некая понятийная сетка, используя которую носитель языка категоризует, структурирует и оценивает окружающий его и свой внутренний миры» [4]. Из этого определения следует, что культурные коды проявляются в процессе познания окружающей действительности.

По мнению В.А. Масловой, «язык — это культурный код нации», тексты являются «истинными хранителями культуры», так как проецируют на себя культурные коды. Она подчеркивает, что «в качестве культурного кода может выступать практически любая чувственно воспри-

нимаемая часть действительности, которая получает символическое содержание. Например, человеческое тело, растения, животные, пища, одежда, архитектура и т.д.» [3]

Если говорить о культурном коде России, то максимально ёмкое определение дал Президент Российской Федерации Владимир Путин – «У нас многонациональная и многоконфессиональная страна, но культурный код, базовые основы нашей общей культуры российской в этом и заключаются — в уважении к старшим, уважении к родителям, уважении к своей стране и к малой Родине, и к большой Родине, к своей Родине в целом. И забота друг о друге, любовь к друг другу — вот в этом основа стабильности российского государства» [14].

Реклама развивает культурный код и прививает хороший вкус

Одной из причин актуализации русского кода в брендинге является рост запроса на аутентичность. Аудитория все менее восприимчива к обезличенным визуальным решениям, копирующим международные тренды. В этой ситуации обращение к локальной культуре становится способом подчеркнуть уникальность бренда и его связь с конкретным социальным и культурным контекстом. Русский код в рекламе все чаще используется не как декоративный элемент, а как смыслообразующий фактор, формирующий характер бренда и его ценностную позицию. Бренды слепо не копируют эстетику прошлого, а дают ей вторую жизнь, сохраняя эмоциональную связь и добавляя актуальный визуальный язык. Русская эстетика в маркетинге перестала быть декорацией. Она больше не прячется в «уютном деревенском» и не имитирует советский плакат. Сегодня она трансформировалась в коммуникационный инструмент, который считывается интуитивно: в названии, в ритме речи, в интонации визуала. В настоящее время 60% россиян выбирают бренды с кириллическими названиями, и это не просто цифра, а маркер запроса [15]. Люди хотят, чтобы их понимали без переводчика. Покупатель выбирает российское не потому, что «так надо», а потому что это понятно и часто качественно. Это патриотизм через практичность, опыт и доверие.

Исторически использование русских узоров и орнаментов в визуальной коммуникации было тесно связано с декоративной функцией. Орнамент выполнял роль украшения, подчеркивая статус предмета или его принадлежность к определенной традиции. В рекламе конца XX - начала XXI века подобный подход часто приводил к формированию набора устойчивых клише, которые со временем утратили выразительность и начали восприниматься как стилизация без содержания. Современный этап развития брендинга характеризуется переосмыслением орнамента не как конкретного узора, а как принципа визуальной организации пространства.

В актуальных дизайнерских практиках русские узоры трансформируются в модульные паттерны, графические ритмы и структурные элементы, которые интегрируются в айдентику бренда. Такой подход позволяет сохранить культурную отсылку, не прибегая к буквальному цитированию традиционных мотивов. Орнамент становится частью визуальной системы, определяющей логику композиции, ритм и динамику рекламных материалов. Это особенно заметно в упаковке, цифровых интерфейсах и мерче, где повторяющиеся элементы формируют целостный визуальный образ.

Кириллица содержит русский код нации

Отдельного внимания заслуживает роль кириллицы в контексте русского кода. В течение длительного времени кириллическая типографика воспринималась как менее универсальная по сравнению с латиницей, что приводило к активному использованию англоязычных названий и шрифтов в брендинге. Однако в последние годы наблюдается обратная тенденция, связанная с переосмыслением кириллицы как уникального визуального ресурса. Переход на кириллические логотипы и слоганы рассматривается не только как акт культурной идентификации, но и как способ обновления визуального языка бренда.

По данным исследования Института общественного мнения «Анкетолог», название бренда может влиять на восприятие компании и на желание приобрести товар или услугу — об этом еще в 2022 году заявили 75% опрошенных россиян. 52% респондентов предпочитают русскоязычные названия, 23% — англоязычные. 8% нравятся имена брендов, которые представляют собой русские слова, написанные латиницей, — например, Babochka, а 7% предпочитают иноязычные названия брендов, которые написаны кириллицей, — например, «Бургер Кинг». Затруднились дать ответ 10% опрошенных [19].

Кириллица обладает высокой выразительностью и разнообразием графических форм, что позволяет создавать запоминающиеся логотипы и типографические композиции. В сочетании с орнаментальными элементами она усиливает ощущение целостности и локальной принадлежности бренда. Важно отметить, что современные дизайнерские решения стремятся уйти от архаизации кириллицы, адаптируя её на современный лад. Таким образом, кириллица перестает ассоциироваться исключительно с традицией и становится элементом актуального визуального языка. Переход на кириллицу и интерес к русскому коду становится для брендов не просто формальным требованием, а поводом пересобрать язык коммуникации с аудиторией. По статистике 45% опрошенных отметили, что стали больше доверять качеству локальных товаров; 36 % заявили, что предпочли бы российский бренд, если он не уступает по качеству, и 59 % россиян в возрасте от 18 до 44 переключились на отечественные аналоги иностранных брендов [12].

С 1 марта 2026 года в России запрещено использовать иностранные слова в рекламе и на вывесках без перевода на русский. Новый закон направлен на ограничение использования англицизмов и внедрение русского языка как основного средства коммуникации. Это шаг к укреплению позиций бренда на российском рынке, повышению его узнаваемости и доверия со стороны потребителей, для которых русский язык является основным средством коммуникации.

Реклама с русским характером

На сегодняшний день «русскость» в маркетинге — это не просто тренд или красивый слоган. Современный российский бренд выглядит не «идеально», а правдиво.

Рассмотрим примеры компаний, которые встроили «русский код» в продукт и коммуникацию так, что бренд стал ближе к людям, сохранив идентичность и уникальность.

Бренд *«Святой Источник»* выпускал воду «Урал», «Алтай», «Карелия» со вкусом ягод этих мест. И потребителям отзывалась каждая деталь.

Федоскино & Atomic Heart. Классическое ремесло встретилось с цифровой эстетикой. Фабрика лаковой миниатюры «Федоскино» объединились с разработчиками игры Atomic Heart и выпустила серию шкатулок, расписанных по мотивам игровой вселенной. Так промысел получил новую аудиторию без потери идентичности. Коллаборация не имитировала прошлое, а переосмыслила его через современный контекст.

Berega. Украшения, вдохновленные северной природой и культурой народов Севера. Каждый элемент несет смысл — это не стилизация, а живая история в предмете.

«Ламповый Блок». Команда исследует постсоветскую архитектуру, извлекая элементы из заброшенных зданий и превращая их в арт-объекты и мебель.

Дизайнер Яна Максимова разработала проекты для брендов натуральной косметики *«Марфа»*. Брендинг автора отличает продуманные концепция и исполнение. Идея заключается в том, чтобы напомнить через косметическую упаковку вид изначальной косметики, которой пользовались женщины на Руси. Уголёк — это тушь, свёкла — румяна, морковка — помада, а картофель, судя по всему, — тон. Допустим, картофеля в Древней Руси не водилось, но всё равно, идея замечательная. Идеальный концепт для бренда, в котором есть все модные тренды: экологичность, минималистичная упаковка, акцент на локальном производстве [17].

Компания *Digniori Arts* специализируется на строительстве, реконструкции уникальных объектов недвижимости, а также на реставрации объектов культурно-исторического наследия. Строит коммуникации вокруг идеи сдержанной силы — современного прочтения русского аристократизма, основанного на мере и внимании к детали. Пример их работы – реставрация жилого дома архитектора П.А. Ушакова, начала XX века, расположенного в Москве в Просвиринском переулке. Здесь мастерство встречается с наследием.

В коллаборации *hh.ru* и студии *Otvetdesign* были сделаны корпоративные подарочные наборы в лубочном стиле, в которые зашифровали узнаваемые элементы русских пословиц и поговорок. Состав наборов варьировался: в один из них вошла менажница в оригинальной упаковке, в другой — фарфоровая банка с десертным наполнением. VIP-набор включал предметы для сервировки праздничного стола. Отдельно сделали фирменные версии умной колонки, гирлянды и набор сладостей и напитков. В подарочных наборах использовали фирменный цвет портала hh.ru, кот, выполненный в лубочном стиле, с одной стороны, олицетворяет всё то, на чём держится интернет (все любят котиков), а с другой стороны, отсылает к русским народным сказкам. Современные художники и дизайнеры работают не с поверхностным фольклором, а с живым, узнаваемым символическим материалом — и находят баланс между уважением к традиции и свободой эксперимента [18].

Бренды становятся ближе к аудитории, что позволяет использовать образы, вызывающие доверие и ценности в контексте рекламного продвижения (национальная идея, патриотизм, ностальгия, воспоминания о

детстве, — активно эксплуатируются советские символы, образы деревни и исторические сюжеты — молочная продукция «Домик в деревне», шоколад «Алёнка»).

В современном маркетинге одной из ключевых категорий стало восприятие подлинности. Ученые Майкл Беверленд и Фрэнсис Фаррелли отметили, что доверие к бренду возрастает, когда его заявленные ценности согласуются с реальными действиями — и это создает ощущение аутентичности [16]. Эффективная коммуникация рождается на пересечении академического знания и практики. Исследователи из разных стран сходятся во мнении, что доверие усиливается, когда коммуникации строятся на эмоциональной связанности — ясности мотивов, уважении и эмпатии.

Российская реклама обладает уникальными чертами, которые отражают национальный менталитет, исторические традиции и культурные особенности. Эти особенности проявляются в языковых решениях, визуальных образах и стратегиях воздействия на аудиторию.

Практика использования русского кода особенно ярко проявляется в мерче, который в современной коммуникационной стратегии брендов выполняет роль медиума идентичности. Мерч все чаще рассматривается как самостоятельный продукт с высокой маржинальностью, выполняющий функцию расширения бренда, и способствует формированию устойчивого сообщества потребителей. В отличие от традиционной рекламной продукции, мерч становится объектом потребления, за который аудитория готова платить, что превращает культурный код в источник прямого дохода. Мерч перестает быть второстепенным продуктом и становится самостоятельным каналом коммуникации, позволяющим бренду войти в повседневное пространство потребителя. Использование русских узоров, типографики и культурных мотивов в мерче формирует эффект сопричастности и усиливает эмоциональную связь между брендом и аудиторией. Использование русского кода в мерче позволяет брендам капитализировать нематериальные активы, переводя символическую ценность в экономическую. Современным компаниям, активно работающим и развивающимся в Интернете, которые тратят большие бюджеты на продвижение, привлечение клиентов и желают оставаться конкурентоспособными, необходимы действенные и работающие инструменты, помогающие отследить клиента от момента посещения торговой площадки до покупки, анализировать эффективность каналов продаж и не тратить бюджеты впустую. Одним из таких инструментов выступает сквозная аналитика, которая объединяет результаты анализа всех видов аналитики в единое целое [5]. При этом важным фактором является баланс между коммерческой целесообразностью и культурной аутентичностью. Практика показывает, что наибольшую эффективность демонстрируют проекты, в которых культурные мотивы встроены в концепцию бренда, а не используются как краткосрочный маркетинговый прием. Современный мерч с элементами русского кода отличается стремлением к минимализму и концептуальности. Традиционные мотивы интерпретируются через современный дизайн-язык, что позволяет избежать эффекта сувенирности. Орнаментальные элементы могут проявляться в виде тонких графических линий, ритмических повторов или фактурных решений, отсылающих к народным промыслам на ассоциативном уровне. Такой подход делает мерч актуальным с точки зрения моды и одновременно насыщенным культурными смыслами.

По сообщениям пресс-служб онлайн-ретейлеров на российских маркетплейсах Wildberries и Ozon продажи традиционных русских атрибутов - кокошников - в 2025 году выросли более чем в 2 раза [13]. По мнению российского стилиста Влада Лисовца, кокошники и стилизованные под них ободки уже давно стали классикой, которая не выходит из моды. Он отметил, что последнее время стало модно «носить русских дизайнеров на руках», и тренд на отечественные бренды сильно вырос. «Все наконец-таки проснулись и заговорили о русских дизайнерах, открывают шоурумы, носят с удовольствием. Десять лет назад умоляли, просили всех, говорили, ребята, у нас тоже есть дизайнеры, носите наших, не надо носить итальянское. Нет, все носили французское, итальянское. Сейчас вот это тренд, действительно», — добавил он [9].

На маркетплейсе Wildberries отмечают резкий рост спроса на товары в русском стиле. И по обороту, и в натуральном выражении в лидерах кокошники, они же лидируют и по динамике прироста — в текущем году их оборот вырос на 110% по сумме продаж и на 84% по проданным штукам по сравнению с январем-сентябрем прошлого года. Речь идет о сотнях тысяч проданных товаров на сотни миллионов рублей (по словам пресс-службы объединенной компании Wildberries и Russ).

По данным аналитиков, второе и третье места делят платки и платья в русском стиле. Их в 2025 году на маркетплейсе купили на 75% и 108% больше по обороту соответственно. При этом в натуральном выражении продажи платков выросли на 106%, а платьев - на 75%. Сарафаны пока массовым спросом не пользуются, но продажи выросли на 44% как по обороту, так и в натуральном выражении, добавили в компании. Лидерами по популярности кокошников среди регионов стали Московская, Ростовская и Ленинградская области [11].

Микрокультурность и локальные бренды Алтайского края

Сегодня рекламный рынок смещается от глобальных решений к локальным смыслам и микрокультурности. Бренды часто обращаются к национальной идентичности, культурным кодам регионов и знакомым визуальным образам, чтобы создавать коммуникации, которые мгновенно вызывают эмоции. В данном контексте рассмотрим культурный код Алтайского края.

Одна из черт, присущих сибирякам, — тяготение к традициям и моральным ценностям, выработанным веками их предками, в том числе привязанность к своей земле. Веяние времени породило множество локальных брендов одежды, которые заменили ушедшие с рынка популярные лейблы. Однако местные дизайнеры стараются искать новые подходы к своей работе и создавать что-то новое и непохожее на своих коллег. Владелица ателье Mechtay Ольга Шашева (г. Барнаул), например, придумала наносить на привычные всем худи и толстовки вышивку в русском народном стиле.

В октябре 2024 г. в Москве подвели итоги дизайн-хакатона «Катюша», который прошёл в рамках проекта «Возрождение культурного кода России». Этот конкурс направлен на то, чтобы найти дизайнеров, которые работают с русскими кодами в разных направлениях. Ольга Шашева стала победителем в номинации «Мерч и принты», представив эскизы повседневной одежды, украшенные традиционной росписью. Вышивка на одежде — это тоже своего рода возвращение к истории русской моды. Достаточно вспомнить мужские косоворотки, которые украшали вышитыми орнаментами, девичьи сарафаны и рубашки, богатые на узоры. На изделиях можно увидеть борецкую, городецкую и мезенскую росписи, а также гжель [10].

На улицах края всё чаще можно встретить девушек в кокошниках. На Алтае возрождает интерес к этому аксессуару художник-иллюстратор, дизайнер Ольга Дорохова. Кроме кокошников есть еще такой головной убор как венец. Он меньших размеров и напоминает небольшую корону. По словам О. Дороховой кокошники часто берут для фотосессий или на конкурсы красоты, для коллаборации с брендами [7]. У художника появилась коллекция под названием «Красные нити. Стихии природы». Все головные уборы сделаны вручную. Кокошники этого мастера пользуются популярностью у жительниц края и за его пределами.

В декабре 2025 г. в Барнауле прошел региональный этап конкурса дизайнеров «Русский силуэт». Лучшей стала коллекция студента Алтайской академии гостеприимства Виктории Кузнецовой «Культурный код» [8]. Вышивку, кокошники и кружево вполне можно носить и в жизни, а не только на подиуме. Сегодня элементы русского этнического костюма элегантно вкрапляются ведущими дизайнерами России в свои изделия. Русские марки полноценно завоевывают fashion-рынок. Сейчас именно тот момент, когда у многих появилось желание сплотиться вокруг истоков, отсюда тяга к нашему культурному коду, к «своему».

Алтайский край активно развивается как туристический регион. У края есть свой официальный туристический бренд, который можно использовать при разработке сувениров. Один из таких примеров - серия сувениров «Алтай Традиция», где сходятся многие линии: легенды, история, привязка к территории, функциональность, эмоции и эстетика. В Центральной России всем известна хохлома, гжель, палеховская миниатюра, финифть, дымковская игрушка, городецкая роспись, а Алтайскому краю в наследие досталась урало-сибирская роспись. Эта культура тесно связана с двумя волнами переселенцев: первая волна была староверческая, она пришла с русского Севера, вторая относится ко времени появления мастеровых Демидовых. С Урала приезжали мастера и расписывали избы, посуду, прялки [6].

Русский код в коммуникациях, современном брендинге и рекламе

Бренды, работающие с локальным контекстом и региональными смыслами, создают коммуникации, которые вызывают мгновенные эмоции. Русский, или российский культурный код формировался на пересечении нескольких факторов: истории, отношения к власти, значимой роли литературы, уважения к ремеслу, ценности внутреннего мира и традиции самоанализа. И эта сложная система ценностей требует такого же комплексного подхода в коммуникациях.

Культурный код — это не только традиции или менталитет. Это язык, на котором мы чувствуем и понимаем друг друга, а также ассоциации, бытовые образы, ценности, с которыми мы росли. Они опреде-

ляют, каким словам мы верим, на что реагируем, а что игнорируем. Понимание этой специфики помогает строить коммуникацию, которая действительно резонирует с аудиторией и усиливает эффект рекламы.

В рекламных коммуникациях русский культурный код способствует формированию доверия и снижению воспринимаемого риска потребления. Исследования потребительского поведения подтверждают, что реклама, апеллирующая к знакомым культурным символам, воспринимается как более достоверная и социально приемлемая. Это особенно важно для товаров и услуг, ориентированных на долгосрочные отношения с клиентами, где репутация и ценностная согласованность играют ключевую роль. Вместо абстрактных образов успеха и потребления на первый план выходят темы повседневности, дома, земли, труда и общности. Эти мотивы находят отражение как в визуальном ряде, так и в вербальных сообщениях брендов.

В то же время экономическая эффективность использования культурного кода напрямую зависит от глубины его проработки. Поверхностное или формальное использование русских узоров и символов может привести к девальвации бренда и снижению доверия аудитории. В этом случае культурный код перестает выполнять функцию нематериального актива и превращается в источник репутационных рисков. Таким образом, интеграция русского кода требует стратегического подхода и учета долгосрочных экономических последствий.

Важным аспектом является интеграция русского кода в существующую айдентику бренда. Успешные практики демонстрируют, что культурные мотивы не должны подменять собой бренд или разрушать его визуальную целостность. Напротив, они выступают дополнительным смысловым слоем, усиливающим характер и индивидуальность. Часто русский код используется в рамках специальных коллекций, лимитированных серий мерча или локальных рекламных кампаний, что позволяет протестировать восприятие аудитории и избежать резких изменений в визуальной стратегии.

Несмотря на очевидный потенциал русского кода, его использование связано с рядом рисков. Одним из ключевых является опасность поверхностной стилизации, при которой культурные элементы используются без понимания их контекста и значения. В таких случаях русский код превращается в декоративный прием, не способный сформировать устойчивую эмоциональную связь с аудиторией. Более того, подобный подход может привести к обратному эффекту и вызвать недоверие или отторжение. Решением вопроса может стать сотрудничество с экспертами — историками, этнографами, культурологами, фермерами, мастерами народных промыслов.

Этический аспект работы с культурным кодом приобретает особую значимость в условиях коммерциализации культурного наследия. Бренды и дизайнеры несут ответственность за корректное и уважительное использование национальных мотивов. Это предполагает предварительное исследование источников, понимание исторических и региональных различий, а также осознание того, какие смыслы транслируются через визуальные и вербальные элементы коммуникации.

Заключение

Таким образом, русский код в современном брендинге и рекламе представляет собой не просто визуальный тренд, это сложный культурный и коммуникационный феномен. Его использование требует системного подхода и глубокого понимания культурных процессов. Русские узоры, орнаментальные принципы и кириллическая типографика становятся эффективными инструментами формирования брендов с характером, способных выстраивать долгосрочные отношения с аудиторией на основе доверия и общих ценностей.

В настоящее время в российской культуре, медиа и потребительском поведении наблюдается усиление интереса к традиционной культуре и истории, к локальным продуктам и ремёслам, к образам и героям российской повседневности. Это не поверхностная «ностальгия по прошлому», как могло показаться. Появился глубокий запрос на связь с реальными корнями, социальное доверие и устойчивый культурный код, который помогает людям ориентироваться в мире изменений. Люди ищут культурные смыслы и локальную аутентичность в продуктах и коммуникациях брендов. Русский народ – народ с богатой историей и традициями, которые и формируют наш культурный код – своеобразный набор ценностей, убеждений, стереотипов, которые определяют наше восприятие мира.

Глубинный и современный проект возможен только через переосмысление доминирующих и возникающих кодов — природы как источника силы, новой культуры и искусства, локального патриотизма. В этом соединении прошлого и его современного прочтения и появляются новые смыслы, которые аудитория принимает как органичные.

В заключение следует отметить, что русский культурный код в современном брендинге и рекламе выступает важным фактором формирования конкурентных преимуществ и устойчивости бизнеса. Его использование позволяет брендам не только повышать узнаваемость и лояльность, но и создавать дополнительную потребительскую ценность, трансформируемую в экономический результат. В условиях роста значения нематериальных активов и усиления роли идентичности в потребительском выборе русский код становится значимым экономическим ресурсом, требующим дальнейшего научного осмысления и эмпирических исследований. Потенциал русского кода в брендинге далеко не исчерпан. По мере развития визуальной культуры и изменения общественных запросов он продолжит трансформироваться, предлагая новые формы и смыслы. В условиях поиска национальной идентичности и переосмысления роли культуры в экономике русский код становится языком, на котором бренды могут говорить о себе честно, убедительно и современно. Использование кириллических логотипов и слоганов позволяет брендам подчеркнуть локальную идентичность и снизить зависимость от глобальных визуальных шаблонов, что особенно актуально в условиях импортозамещения и развития национальных рынков.

Литература

1. Александрова Ю.А., Ургапова Е.А., Раева М.О. Идентификация и позиционирование бренда инновационного стартап-проекта // Бухгалтерский учет и налогообложение в бюджетных организациях. – 2021. - №9. – С. 30-39. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46496203.
2. Лотман Ю.М. Семиосфера. – Санкт-Петербург: Искусство – СПБ, 2000. – 703 с.
3. Маслова В.А. Лингвокультурология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.А. Маслова. – М.: Академия, 2001. – 208 с. (с. 30)
4. Пименова М.В., Кондратьева О.Н. Концептуальные исследования. Введение: учебное пособие. – М.: Флинта: Наука, 2011. – 176 с. (с.125)
5. Попадько Н.В., Александрова Ю.А. Повышение эффективности интернет-маркетинга и рекламы при помощи разработки системы сквозной аналитики // Бухгалтерский учет и налогообложение в бюджетных организациях. – 2020. - №11. – С. 38-48. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=4438664
6. «Алтай Традиция»: как этностиль перевести в дизайн. URL: https://rekportal.ru/specialproject/brand/altaj-tradiciya/?ysclid=mknvhjkhvt439002250.
7. Барнаульская мастерица создает уникальные кокошники. URL: https://barnaul.press/news/barnaulskaya-masteritsa-sozdaet-unikalnye-kokoshniki.html.
8. В Барнауле прошёл региональный этап конкурса дизайнеров «Русский силуэт». URL: https://vestialtai.ru/news/v-barnaule-proshyel-regionalnyy-etap-konkursa-dizaynerov-russkiy-siluet/?ysclid=mknunoj6uu869746154.
9. Влад Лисовец: Тренд на отечественные дизайны сильно вырос. URL: https://1sn.ru/vlad-lisovec-trend-na-otecestvennye-brendy-silno-vyros?ysclid=mm0febzqxs360013867.
10. Мода на русский код: барнаульский дизайнер одежды стала победителем всероссийского конкурса. URL: https://barnaul.press/news/moda-na-russkiy-kod-barnaulskiy-dizayner-odezhdy-stala-pobeditelem-vserossiyskogo-konkursa.html?ysclid=mm0g7atn6t530670590.
11. Почему мода на кокошники возвращается в Россию:. URL: https://sevastopol.su/news/pochemu-moda-na-kokoshniki-vozvraschaetsya-v-rossiyu?ysclid=mm4ljholu1660860571.
12. Почему обязательный переход на кириллицу — шанс обновить голос бренда. URL: https://www.sostav.ru/publication/pochemu-obyazatelnyj-perekhod-na-kirillitsu-shans-obnovit-golos-brenda-80502.html?ysclid=mk6ii4s56m948381182.
13. Продажи кокошников на российских маркетплейсах выросли более чем вдвое. URL: https://tass.ru/ekonomika/25249385?ysclid=mkntwrehcb42392869.
14. Путин рассказал, в чем заключается культурный код России. URL: https://tass.ru/obschestvo/20949157?ysclid=mknpgdy8ef407355460.
15. Русский код 2.0: как брендам встроить «русскость» без клише и потери ДНК. URL: https://www.likeni.ru/analytics/russkiy-kod-2-0-kak-brendam-vstroit-russkost-bez-klishe-i-poteri-dnk/?ysclid=mknqmw1jw3400811768.
16. Русский стиль, культурный код как тренд в продвижении. URL: https://companies.rbc.ru/news/UX9kd2RSEB/russkij-stil-kulturnyij-kod-kak-trend-v-prodvizhenii/

17. 5 самых красивых концепций российских брендов. URL: https://skillbox.ru/media/design/5-samykh-krasivykh-rossiyskikh-kontseptsiy-brendov/?utm_source=media&utm_medium=link&utm_campaign=all_all_media_links_links_articles_all_all_skillbox

18. 8 диджитал-проектов, которые используют русский код. URL: https://skillbox.ru/media/design/8-didzhital-proektov-kotorye-ispolzuyut-russkiy-kod/?ysclid=mkgf2dvqs8847761793.

19. 52% россиян предпочли русскоязычные названия брендов на кириллице. URL: https://www.sostav.ru/publication/nazvaniya-na-kirillitse-i-latinitse-56681.html?ysclid=mknqs139n151071554.

Russian code in branding and advertising as a cultural and communication phenomenon

Alexandrova N.A., Glushkova E.E.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The article is devoted to the analysis of the phenomenon of the Russian cultural code in the system of modern branding and advertising communications. The theoretical foundations of the concept of cultural code, the reasons for the growing interest in national identity in visual culture, as well as the features of the use of Russian patterns, ornamental principles, and cyrillic typography in brand identity and advertising, are considered. Based on the analysis of current industry and scientific sources, key approaches to the integration of the Russian code into communication strategies are identified. The article concludes that the Russian code is transforming into a strategic resource for the formation of brands with a distinct character and a stable value position.

Keywords: cultural code, the Russian cultural code, authenticity, advertising, merchandise, branding, communication, audience.

References

1. Alexandrova Yu.A., Urgapova E.A., Raeva M.O. Identification and brand positioning of an innovative startup project // Accounting and taxation in budgetary organizations. - 2021. - No. 9. – pp. 30-39. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46496203.
2. Lotman Yu.M. Semiosphere. – St. Petersburg: Iskusstvo – SPB, 2000. – 703 p.
3. Maslova V.A. Linguoculturology: textbook. student's handbook. higher. studies. institutions / V.A. Maslova. Moscow: Akademiya Publ., 2001. 208 p. (p. 30).
4. Pimenova M.V., Kondratieva O.N. Conceptual research. Introduction: a textbook. Moscow: Flinta: Nauka, 2011. 176 p.
5. Popadko N.V., Alexandrova Yu.A. Improving the effectiveness of Internet marketing and advertising through the development of an end-to-end analytics system // Accounting and taxation in budget organizations. - 2020. - No. 11. – pp. 38-48. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=4438664.
6. "Altai Tradition": how to translate ethnostyle into design. URL: https://rekportal.ru/specialproject/brand/altaj-tradiciya/?ysclid=mknvhjkhvt439002250.
7. Barnaul craftswoman creates unique kokoshniks. URL: https://barnaul.press/news/barnaulskaya-masteritsa-sozdaet-unikalnye-kokoshniki.html.
8. Barnaul hosted the regional stage of the Russian Silhouette design competition. URL: https://vestialtai.ru/news/v-barnaule-proshyel-regionalnyy-etap-konkursa-dizaynerov-russkiy-siluet/?ysclid=mknunoj6uu869746154.
9. Vlad Lisovets: The trend for domestic designs has grown significantly. URL: https://1sn.ru/vlad-lisovec-trend-na-otecestvennye-brendy-silno-vyros?ysclid=mm0febzqxs360013867.
10. Fashion in Russian code: Barnaul fashion designer became the winner of the All-Russian competition. URL: https://barnaul.press/news/moda-na-russkiy-kod-barnaulskiy-dizayner-odezhdy-stala-pobeditelem-vserossiyskogo-konkursa.html?ysclid=mm0g7atn6t530670590.
11. Why is the fashion for kokoshniks returning to Russia. URL: https://sevastopol.su/news/pochemu-moda-na-kokoshniki-vozvraschaetsya-v-rossiyu?ysclid=mm4ljholu1660860571.
12. Why the mandatory switch to Cyrillic is a chance to update the brand's voice. URL: https://www.sostav.ru/publication/pochemu-obyazatelnyj-perekhod-na-kirillitsu-shans-obnovit-golos-brenda-80502.html?ysclid=mk6ii4s56m948381182.
13. Sales of kokoshniks on Russian marketplaces have more than doubled. URL: https://tass.ru/ekonomika/25249385?ysclid=mkntwrehcb42392869.
14. Putin told what the cultural code of Russia is. URL: https://tass.ru/obschestvo/20949157?ysclid=mknpgdy8ef407355460.
15. Russian code 2.0: how brands can embed "Russianness" without cliches and DNA loss. URL: https://www.likeni.ru/analytics/russkiy-kod-2-0-kak-brendam-vstroit-russkost-bez-klishe-i-poteri-dnk/?ysclid=mknqmw1jw3400811768.
16. Russian style, cultural code as a trend in promotion. URL: https://companies.rbc.ru/news/UX9kd2RSEB/russkij-stil-kulturnyij-kod-kak-trend-v-prodvizhenii/
17. The 5 most beautiful concepts of Russian brands. URL: https://skillbox.ru/media/design/5-samykh-krasivykh-rossiyskikh-kontseptsiy-brendov/?utm_source=media&utm_medium=link&utm_campaign=all_all_media_links_links_articles_all_all_skillbox.
18. 8 digital projects that use Russian code. URL: https://skillbox.ru/media/design/8-didzhital-proektov-kotorye-ispolzuyut-russkiy-kod/?ysclid=mkgf2dvqs8847761793.
19. 52% of Russians preferred Russian-language brand names in Cyrillic. URL: https://www.sostav.ru/publication/nazvaniya-na-kirillitse-i-latinitse-56681.html?ysclid=mknqs139n151071554.

Региональное развитие туризма: инструменты планирования и управления ресурсами

Бобков Павел Андреевич
магистрант, кафедра туризма и сервиса, Российский университет дружбы народов, Paulbobkofff@gmail.com

Статья посвящена анализу подходов к региональному развитию туризма через систему планирования и управления ресурсной базой территории. Актуальность темы связана с ростом конкуренции между дестинациями, усилением требований к согласованию инфраструктурных решений с пространственными, экологическими и социально-экономическими параметрами региона. Научная новизна работы состоит в сведении в единую аналитическую схему трех исследовательских линий: оценки туристско-рекреационного потенциала, стратегического и мастер-планирования, управленческих механизмов регулирования туристского развития на региональном уровне. Цель исследования — определить, какие инструменты планирования и распределения ресурсов обеспечивают более согласованное развитие туризма в субъекте Федерации. В работе применены анализ научных публикаций, сопоставление подходов, классификация, логико-аналитический разбор и синтез. Корпус исследования составили современные русскоязычные публикации 2022–2024 гг., посвященные потенциалу территорий, мастер-планированию, позиционированию регионов, устойчивости восстановления туризма и управлению отраслью. В аналитической части раскрыты принципы ресурсной инвентаризации, пространственного зонирования, согласования документов стратегического уровня, мониторинга и корректировки региональной туристской политики. Практическая полезность результатов связана с возможностью их применения при подготовке региональных стратегий, туристских схем, программ распределения инвестиций и систем оценки использования ресурсов.
Ключевые слова: региональный туризм, туристско-рекреационный потенциал, стратегическое планирование, мастер-планирование, пространственное зонирование, управление ресурсами, туристская инфраструктура, позиционирование региона, устойчивое развитие, региональная политика.

Введение

Региональный туризм перестал рассматриваться как производная от общей социально-экономической динамики территории. Для многих субъектов Федерации он превратился в самостоятельное направление пространственного развития, затрагивающее транспорт, расселение, природопользование, сферу услуг, бюджетные приоритеты и инвестиционную политику. При подобной постановке вопроса успех туристского развития зависит уже не от отдельного объекта показа или единичного маршрута, а от качества долгосрочного проектирования территориальной структуры отрасли, точности оценки ресурсной базы и способности органов управления увязать спрос, инфраструктуру и режим использования пространства.

Проблема исследования связана с тем, что в практике регионального управления нередко сосуществуют разрозненные процедуры: инвентаризация ресурсов проводится отдельно от стратегических документов, продвижение территории — отдельно от пространственных решений, а оценка туристского потенциала — вне связи с реальной пропускной способностью и бюджетными ограничениями. В результате формируется управленческая несогласованность, при которой даже богатая ресурсная база не переходит в устойчивый рост отрасли.

Цель исследования — определить состав и логику применения инструментов планирования и управления ресурсами, обеспечивающих согласованное развитие туризма на региональном уровне.

Для достижения цели поставлены задачи:

1. систематизировать подходы к оценке туристских ресурсов и туристско-рекреационного потенциала территории;
2. раскрыть место стратегического, пространственного и мастер-планирования в управлении региональным туризмом;
3. обосновать набор управленческих инструментов, позволяющих связать ресурсную базу региона с инфраструктурой, позиционированием и системой мониторинга.

Научная новизна работы состоит в том, что инструменты развития туризма рассмотрены не изолированно, а как взаимосвязанная система: от оценки потенциала и зонирования территории до согласования стратегических документов, выбора управленческих приоритетов и последующей корректировки решений по данным мониторинга.

Материалы и методы

Материальную базу исследования составили русскоязычные научные публикации последних лет, посвященные планированию туризма и управлению ресурсами на уровне региона. И.И. Булыгина, А.В. Елисеев, М.В. Шулина [1] рассматривают креативные управленческие решения в региональном туризме и показывают их связь с территориальной спецификой; В.С. Варивода [2] ставит вопрос о разработке методики оценки туристско-рекреационного потенциала региона; В.Г. Ден [3] разрабатывает методологию позиционирования туристских регионов и описывает последовательность стратегических действий; С.Е. Демидова [4] исследует устойчивость восстановления туризма в региональном разрезе; Е.Г. Кропинова, В.И. Кружалин, Н.В. Зигерн-Корн, А.Д. Никанорова, А.П. Плотникова, Т.К. Примак, Н.В. Шабалина [5] обосновывают научно-методические подходы к стратегическому мастер-планированию территорий перспективного туристского развития; Е.Г. Леонидова [6] выделяет приоритеты и угрозы регионального туризма через анализ инфраструктурных и конкурентных ограничений; Е.И. Родионов [7] изучает документы стратегического планирования регионального и муниципального уровней с позиции их пригодности для туристского развития; Ю.О. Тхамитлокова, З.А. Мустафаева, Р.А. Токмакова, И.А. Карданова [8] исследуют факторы и структуру ресурсного потенциала сферы туризма и рекреации в региональном управлении; Н.В. Уткина [9] анализирует управление туризмом как инструмент устойчивого развития региона; Ж.П. Шнорр [10] раскрывает региональные условия развития туризма через динамику показателей отрасли, состав спроса и меры государственной поддержки.

В методической части использованы анализ научных публикаций, сравнительное сопоставление, классификация, логико-аналитический разбор и синтез. Эти методы позволили установить различия между подходами к оценке ресурсов, выявить последовательность управленческих процедур и свести разрозненные исследовательские решения в единую схему регионального планирования туризма.

Результаты

Первый блок результатов связан с уточнением того, что именно подлежит управлению в региональном туризме. Корпус литературы показывает: объектом управленческого воздействия выступает не сумма отдельных достопримечательностей, а ресурсно-организованная территория, где природные, культурно-исторические, инфраструктурные и институциональные элементы образуют единую систему. В публикации В.С. Вариводы [2] вопрос ставится через потребность в комплексной методике оценки туристско-рекреационного потенциала региона. Сходную линию развивают Ю.О. Тхамитлокова и соавторы [8], предлагая рассматривать ресурсный потенциал через набор факторов, структурных компонентов и механизмов регионального регулирования. Отсюда следует, что стартовой процедурой планирования выступает не продвижение территории на рынке, а инвентаризация и структурирование ресурсов с последующим разграничением их функционального назначения.

Оценка потенциала в изученных работах не сводится к описанию наличия природных либо культурных объектов. Исследователи выводят анализ на уровень пригодности территории для конкретных типов туристской деятельности. Такая постановка задачи меняет саму логику планирования: региону требуется установить, какие зоны допустимы для интенсивного туристского использования, какие нуждаются в ограничительном режиме, а какие сохраняют резервный статус. В статье Ю.О. Тхамитлоковой и соавторов [8] прямо обозначены планирование и зонирование как элементы управления ресурсной базой. У Е.Г. Кропиновой и соавторов [5] данная линия получает развитие через мастер-планирование, где туристская территория рассматривается уже как проектируемое пространство с моделированием турпотока, межрегиональных связей и функциональных узлов. Поэтому ресурсное управление в региональном туризме следует трактовать как процедуру перевода потенциала территории в систему пространственных режимов, инфраструктурных решений и правил использования.

Второй блок результатов касается соотношения стратегического и пространственного планирования. Анализ показал, что без их согласования туристская политика региона распадается на несвязанные действия. Е.И. Родионов [7], исследуя документы регионального и муниципального уровней, фиксирует значимость анализа согласованности стратегических документов для нужд туризма. В работе Е.Г. Кропиновой и соавторов [5] мастер-план туризма описан как проектная форма, объединяющая сценарии развития территории, моделирование потоков, зонирование и инфраструктурные решения. Стратегия задает приоритеты и целевые ориентиры, а мастер-план переводит их в пространственную конфигурацию, где уже видны узлы роста, транспортные связки, нагрузки на территорию и последовательность инвестиционных шагов.

Сама по себе стратегическая рамка без процедур пространственной детализации не обеспечивает управляемости отрасли. В.Г. Ден [3] предлагает последовательную схему позиционирования туристского региона: от определения цели и конкурентного анализа до дорожной карты реализации, мониторинга и корректировки. Эта логика продуктивна для маркетингового и имиджевого контура управления, но в связке с ресурсным блоком она приобретает более прикладной характер. Продвижение территории получает содержательное основание лишь тогда, когда конкурентные преимущества подтверждены ресурсной инвентаризацией, а обещания бренда соотнесены с реальной емкостью инфраструктуры и качеством среды. Иначе стратегия позиционирования начинает опережать ресурсные возможности территории и провоцирует перегрузку локальных туристских узлов.

Третий блок результатов связан с управлением туристской инфраструктурой и спросом. Е.Г. Леонидова [6] показывает, что развитие регионального туризма тормозится неравномерностью инфраструктуры и конкуренцией соседних территорий. Ж.П. Шнорр [10], рассматривая региональные условия развития туризма, обращает внимание на потребность перевода ситуативного спроса в устойчивый, опирающийся на региональную специфику, поддержку отрасли и повышение доступности услуг. В совокупности эти положения позволяют сделать вывод: планирование туризма на уровне региона не ограничивается формированием перечня объектов. Оно требует расчета того, какой объем инфраструктуры, какие форматы размещения, какие виды туризма и какие меры поддержки соответствуют реальной конфигурации спроса. Следовательно, управление ресурсами связано с выбором того режима освоения территории, при котором инфраструктурное наращивание не отрывается от ресурсной базы и целевых сегментов рынка.

В корпусе литературы прослеживается линия, связывающая планирование с устойчивостью региональной туристской динамики. С.Е. Демидова [4] обращается к устойчивости восстановления туризма в региональном разрезе, тем самым переводя разговор из плоскости краткосрочного роста в плоскость устойчивости траекторий. Для регионального управления из этого следует двойное требование. С одной стороны, нужны индикаторы восстановления отрасли после шоков; с другой — требуются инструменты, позволяющие выявить, какие элементы системы обеспечивают устойчивость, а какие создают зависимость от внешних колебаний. Подобный подход усиливает значение мониторинга в туристской политике: объектом наблюдения становится уже не разовый рост турпотока, а способность территории удерживать результат без разрушения ресурсной и инфраструктурной основы.

Отдельную плоскость образуют управленческие решения, ориентированные на специфику места. Н.В. Уткина [9] рассматривает управление туризмом как инструмент устойчивого развития региона, а И.И. Булыгина, А.В. Елисеев, М.В. Шулина [1] связывают региональное развитие туризма с креативным подходом. Сопоставление этих публикаций показывает, что современная система управления перестает быть сугубо административной. В нее входят механизмы событийного наполнения, территориального брендинга, поиска уникальных форматов туристского предложения, регулирования сезонности и переориентации спроса на менее загруженные направления. При этом подобные решения продуктивны лишь в тех регионах, где предварительно проведены ресурсная диагностика и пространственная настройка туристской системы. Иначе креативные практики перестают работать как средство развития и превращаются в набор разрозненных акций.

Сводный результат анализа состоит в том, что инструменты планирования и управления ресурсами в региональном туризме образуют последовательную цепь. На первом этапе проводится оценка туристско-рекреационного потенциала и функциональная группировка ресурсов [2; 8]. Затем формируется пространственная модель развития территории через мастер-план, зонирование, проектирование туристских узлов и маршрутов [5; 7]. После этого регион уточняет конкурентную идентичность, целевые аудитории, механизмы продвижения и дорожную карту реализации [3]. Следующий уровень образуют инфраструктурные и организационные решения, соотнесенные с устойчивым развитием и региональной спецификой [1; 9; 10]. Завершающее звено — мониторинг устойчивости, выявление ограничений и корректировка приоритетов [4; 6]. Подобная последовательность переводит управление туризмом из набора административных мер в систему взаимосвязанных действий, где каждый следующий шаг опирается на результаты предыдущего.

Обсуждение

Проведенный анализ показывает, что в современной русскоязычной литературе по региональному туризму сосуществуют несколько исследовательских линий, каждая из которых по-разному отвечает на вопрос о базовом механизме развития территории. Первая линия исходит из первичности ресурсной диагностики и оценки туристско-рекреационного потенциала. Вторая сосредоточена на документах стратегического и пространственного планирования. Третья переносит внимание на рыночное позиционирование региона и на управленческие приемы, повышающие узнаваемость территории и устойчивость спроса. Между этими направлениями нет прямого противоречия, но различается отправная точка анализа. Одни авторы начинают с территории и ее ограничений, другие — с системы управления, третьи — с конкурентной среды и продвижения.

Сопоставление работ позволяет сделать вывод, что наибольшую аналитическую полноту дает связка ресурсного и пространственного подходов. Если в основу положить лишь оценку потенциала, исследование рискует остаться на уровне инвентаризации объектов и общих выводов о туристской привлекательности территории. Если ограничиться стратегическими документами, сохраняется опасность формальной согласованности без учета фактической емкости пространства. Наконец, если исходным пунктом становится позиционирование региона, возникает риск завышения имиджевых ожиданий при слабой инфраструктурной подготовке. По этой причине более убедительной выглядит логика, при которой инвентаризация ресурсов предшествует мастер-планированию, а маркетинговая и имиджевая политика строится уже после пространственной настройки туристской системы.

Сильной стороной изученного корпуса выступает внимание к согласованию регионального и муниципального уровней управления. При отсутствии такой вертикальной увязки туристская политика распадается: регион задает общие ориентиры, а муниципальный уровень не получает инструментария для их перевода в конкретные решения по землепользованию, транспортной связанности, режимам освоения территории и инфраструктурным приоритетам. В этом отношении особенно продуктивен подход, где туристское развитие рассматривается через проектную форму мастер-плана и через экспертизу уже действующих документов планирования. Подобная логика сближает научную постановку задачи с реальными потребностями органов управления.

При этом в публикациях заметны и ограничения применимости выводов. Значительная часть исследований опирается на кейсы отдельных регионов. Такая оптика дает детализированное описание территориальной специфики, но затрудняет выработку универсальных критериев сопоставления регионов между собой. Еще одно ограничение связано с тем, что понятие ресурсного потенциала часто используется шире, чем набор измеряемых индикаторов. Вследствие этого переход от качественного описания к управленческому расчету не всегда доведен до конца. Отдельные работы предлагают последовательность действий, дорожные карты, проектные схемы и общие критерии, но реже дают единую измерительную модель, пригодную для массового межрегионального применения.

Еще одна исследовательская лакуна связана с устойчивостью использования ресурсов. В публикациях присутствует тема устойчивого развития, восстановления туризма после неблагоприятных периодов и территориальной дифференциации, но значительно реже разрабатывается вопрос о том, как соотнести рост турпотока с допустимой нагрузкой на конкретные природные и городские пространства. Из-за этого в научной литературе заметен перекос в сторону стратегий роста и заметно меньшая разработанность процедур ограничения, перераспределения и балансировки туристских потоков внутри региона. Для практики регионального управления этот пробел особенно чувствителен, поскольку без таких процедур трудно обеспечить длительное сохранение ресурсной базы.

Перспективным направлением дальнейшей разработки темы выглядит формирование единой модели регионального управления туризмом, где оценка потенциала, зонирование, мастер-планирование, позиционирование, инфраструктурное проектирование и мониторинг устойчивости связаны в одну управленческую цепь. Подобная постановка вопроса снимает разрыв между пространственным, экономическим и организационным контурами туристской политики. Для научной литературы здесь открывается путь к созданию сопоставимых критериев оценки регионов, а для практики — к более точному распределению ресурсов и снижению дисбаланса между туристской привлекательностью территории и фактической готовностью принимать поток.

Заключение

Проведенное исследование позволило решить поставленные задачи. По первой задаче установлено, что оценка туристских ресурсов в современной литературе рассматривается как исходная стадия регионального планирования. Ее содержание связано с инвентаризацией ресурсной базы, выявлением функциональной пригодности территории и последующим зонированием.

По второй задаче показано, что стратегическое, пространственное и мастер-планирование образуют взаимосвязанную систему. Стратегические документы задают ориентиры развития, а мастер-план переводит их в пространственные решения, связанные с инфраструктурой, потоками, узлами притяжения и режимами использования территории.

По третьей задаче обосновано, что эффективное управление региональным туризмом опирается на сочетание нескольких инструментов: оценки потенциала, согласования документов разных уровней, позиционирования региона, инфраструктурной настройки, мониторинга устойчивости и последующей корректировки решений. Раздельное применение этих инструментов снижает управленческую согласованность, тогда как их последовательное соединение формирует основу для более точного распределения ресурсов и для устойчивого развития туризма в регионе.

Литература

1. Булыгина И. И., Елисеев А. В., Шулина М. В. Креативный подход к управлению туризмом в регионе (на примере Мурманской области) // Современные проблемы сервиса и туризма. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 69–92. — DOI: 10.5281/zenodo.15036382.
2. Варивода В. С. Необходимость оценки туристско-рекреационного потенциала региона и его роль // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2024. — № 9 (167). — С. 4. — DOI: 10.26726/rppe2024v9tnta.
3. Ден В. Г. Тенденции формирования стратегий позиционирования туристских регионов // Экономика, предпринимательство и право. — 2024. — Т. 14, № 11. — С. 6531–6544. — DOI: 10.18334/epp.14.11.122022.
4. Демидова С. Е. Оценка устойчивости восстановления туризма в региональном разрезе // Финансовые исследования. — 2024. — № 3 (84). — С. 144–157. — DOI: 10.54220/finis.1991-0525.2024.84.3.012.
5. Кропинова Е. Г., Кружалин В. И., Зигерн-Корн Н. В., Никанорова А. Д., Плотникова А. П., Примак Т. К., Шабалина Н. В. Научно-методические подходы к стратегическому мастерпланированию территорий перспективного развития туризма (на примере региона «Русская Балтика») // Географическая среда и живые системы. — 2024. — № 4. — С. 84–112. — DOI: 10.18384/2712-7621-2024-4-84-112.
6. Леонидова Е. Г. Приоритеты и угрозы развития регионального туризма // Регионология. — 2022. — Т. 30, № 3 (120). — С. 624–646.
7. Родионов Е. И. Анализ документов стратегического планирования регионального и муниципального уровней с позиций развития туризма (на примере Чувашской Республики) // Современные проблемы сервиса и туризма. — 2024. — Т. 18, № 3. — С. 53–68. — DOI: 10.5281/zenodo.15035241.
8. Тхамитлокова Ю. О., Мустафаева З. А., Токмакова Р. А., Карданова И. А. Ресурсный потенциал сферы туризма и рекреации: факторы, структура, региональное управление // Общество: политика, экономика, право. — 2024. — № 8. — С. 107–119. — DOI: 10.24158/pep.2024.8.14.
9. Уткина Н. В. Аспекты управления туризмом как инструментом устойчивого развития региона (на примере Пензенской области) // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2024. — № 1 (49). — С. 32–47. — DOI: 10.21685/2227-8486-2024-1-3.
10. Шнорр Ж. П. Региональные аспекты развития туризма в современных условиях // Проблемы социально-экономического развития Сибири. — 2022. — № 4 (50). — С. 85–93. — DOI: 10.18324/2224-1833-2022-4-85-93.

Regional tourism development: tools for resource planning and management

Bobkov P.A.
Peoples' Friendship University of Russia

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

This article analyzes approaches to regional tourism development through a system of planning and managing the territorial resource base. The relevance of this topic stems from increasing competition among destinations and the need to align infrastructure solutions with the region's spatial, environmental, and socioeconomic parameters. The scientific novelty of this work lies in its integration of three research approaches into a single analytical framework: an assessment of tourism and recreational potential, strategic and master planning, and management mechanisms for regulating tourism development at the regional level. The objective of the study is to determine which planning and resource allocation tools ensure more coordinated tourism development in a constituent entity of the Russian Federation. The study uses analysis of scientific publications, comparison of approaches, classification, logical analysis, and synthesis. The study comprises contemporary Russian-language publications published between 2022 and 2024, focusing on territorial potential, master planning, regional positioning, sustainable tourism recovery, and industry management. The analytical section explores the principles of resource inventory, spatial zoning, coordinating strategic-level documents, and monitoring and adjusting regional tourism policy. The practical utility of the results lies in their applicability in the development of regional strategies, tourism schemes, investment allocation programs, and resource utilization assessment systems.

Keywords: regional tourism, tourism and recreational potential, strategic planning, master planning, spatial zoning, resource management, tourism infrastructure, regional positioning, sustainable development, regional policy.

References

1. Bulygina I. I., Eliseev A. V., Shulina M. V. A Creative Approach to Regional Tourism Management (using the Murmansk Region as an Example) // Modern Issues of Service and Tourism. — 2024. — Vol. 18, No. 3. — Pp. 69–92. — DOI: 10.5281/zenodo.15036382.
2. Varivoda V. S. The Need to Assess the Tourism and Recreational Potential of a Region and Its Role // Regional Issues of Economic Transformation. — 2024. — No. 9 (167). — Pp. 4. — DOI: 10.26726/rppe2024v9tnta.
3. Den V. G. Trends in the Formation of Positioning Strategies for Tourist Regions // Economy, Entrepreneurship and Law. — 2024. — Vol. 14, No. 11. — Pp. 6531–6544. — DOI: 10.18334/epp.14.11.122022.
4. Demidova S. E. Assessing the Sustainability of Tourism Recovery in the Regional Context // Financial Research. — 2024. — No. 3 (84). — Pp. 144–157. — DOI: 10.54220/finis.1991-0525.2024.84.3.012.
5. Kropinova E. G., Kruzhalin V. I., Zigern-Korn N. V., Nikanorova A. D., Plotnikova A. P., Primak T. K., Shabalina N. V. Scientific and methodological approaches to strategic masterplanning of territories of prospective tourism development (on the example of the "Russian Baltic" region) // Geographical environment and living systems. - 2024. - No. 4. - P. 84-112. - DOI: 10.18384/2712-7621-2024-4-84-112.
6. Leonidova E. G. Priorities and threats to regional tourism development // Regionology. - 2022. - Vol. 30, No. 3 (120). - P. 624-646.
7. Rodionov E. I. Analysis of strategic planning documents at the regional and municipal levels from the standpoint of tourism development (using the Chuvash Republic as an example) // Modern problems of service and tourism. - 2024. - Vol. 18, No. 3. - P. 53-68. - DOI: 10.5281/zenodo.15035241.
8. Tkhamitlokova Yu. O., Mustafayeva Z. A., Tokmakova R. A., Kardanova I. A. Resource potential of the tourism and recreation sector: factors, structure, regional management // Society: politics, economics, law. - 2024. - No. 8. - P. 107-119. - DOI: 10.24158/pep.2024.8.14.
9. Utkina N. V. Aspects of Tourism Management as a Tool for Sustainable Regional Development (using the Penza Region as an Example) // Models, Systems, and Networks in Economics, Technology, Nature, and Society. — 2024. — No. 1 (49). — Pp. 32–47. — DOI: 10.21685/2227-8486-2024-1-3.
10. Schnorr J. P. Regional Aspects of Tourism Development in Modern Conditions // Problems of Social and Economic Development of Siberia. — 2022. — No. 4 (50). — Pp. 85–93. — DOI: 10.18324/2224-1833-2022-4-85-93.

Перспективы применения цифровых технологий в строительной отрасли

Выродова Ирина Геннадиевна
Старший преподаватель кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, vyrodova_ira@mail.ru,

Кохарев Станислав Евгеньевич
магистрант кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, StasKoha323@gmail.com,

Попова Елена Георгиевна
магистрант кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, Shoihett_Elena@mail.ru,

Линник Сергей Владимирович
магистрант кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, Linnik_Ser55@mail.ru,

Вольхин Дмитрий Евгеньевич
аспирант кафедры промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Dima@bekvol.ru

В статье рассмотрены основные тенденции и возможные перспективы BIM-технологий в строительстве. Было дано определение и важность информационного проектирования для строительного рынка. В ходе проведения обзора приведены суждения о том, что данные проекта, их полнота и скорость обмена станут ключевыми элементами развития BIM-проектирования в будущем. Полученные выводы из статьи могут представлять интерес для инженеров-программистов и специалистов по работе с информационными моделями.

Ключевые слова: цифровизация строительства, искусственный интеллект, технологии информационного моделирования.

Сегодняшний характер работы строительных компаний является высокотехнологичным. Высокий уровень организации и планирования строительства достигается за счёт применения высокопроизводительного труда сотрудников и сокращения времени и затрат на разработку конкретных инвестиционно-строительных проектов.

Для достижения высоких результатов работы строительной компании важнейшим элементом выступает применение различных BIM-технологий (аббревиатура от англ. Building Information Model). В более широком смысле под BIM-технологиями понимается совокупность программного обеспечения (ПО), способного поддерживать различные элементы системы на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта. Рабочими группами проектировщиков и архитекторов создаётся трёхмерная модель строительного объекта, включающая в себя данные всех характеристик строительного объекта.

Несмотря на сформулированную в 1970-х годах концепцию BIM-технологий, в своём современном виде термин «BIM» был создан в 2002 году, когда компания «Autodesk» выпустила документ под названием «Информационное моделирование зданий» (BIM) [1; 2; 3]. Вскоре начался постепенный переход от классического проектирования «на бумаге» в сторону информационного моделирования с использованием ПО [4].

С каждым годом область применения BIM-технологий в строительных проектах выходит за рамки исключительно проектирования: BIM-модели зачастую подкрепляются обширными базами данных, которые могут быть использованы при моделировании процессов эксплуатации, реконструкции и ликвидации строительных объектов. Создание столь больших цифровых моделей позволяет эффективно координировать действия всех участников инвестиционно-строительного проекта, сокращая при этом вероятность ошибок в документах и расчётах. Все эти обстоятельства приводят к оптимизации финансовых затрат проекта, в чём заинтересованы участники рынка [5].

Специфика создания информационной модели (BIM-модели) во многом зависит от специфики реализуемого строительного проекта и преследуемой цели. Важно понимать, что само построение BIM-модели является пошаговым, поэтому для удобства восприятия в данной статье процесс был поделён на стадии:

Стадия 1. Создание модели объекта. Архитекторы совместно разрабатывают проект непосредственного самого объекта со всем необходимым пакетом документов (планы, виды, эскизы). Весь процесс проектирования ведётся в рамках одного файла (или объединяемых в один), в котором в единое целое сведены все объемно-планировочные и конструктивные решения.

Стадия 2. Создание рабочей документации. Полученную архитектурную 3D-модель загружается в специализированное ПО, в котором проводится подсчёт всех элементов будущего объекта. В данный файл дополняется всевозможными рабочими чертежами и документацией, необходимой для организации строительных работ. Это могут быть, например, автоматизированный подсчёт ведомости объёмов работ и сметной стоимости строительства.

Стадия 3. Создание инженерных систем. Далее общий файл пополняется автоматизированным расчётом инженерных систем (таких как теплогазоснабжение, вентиляция, системы водоснабжения, водоотведения и т.д.). Немаловажным фактором является создание трёхмерного отображения таких систем в конструкции будущего объекта.

Стадия 4. Создание проекта организации строительства. Данный раздел традиционно отвечает за разработку проекта организации строительства объекта (ПОС) и проекта производства отдельных видов работ (ППР). В рамках BIM-моделирования ключевым отличием от стандартной схемы является автоматизированное составление календарного плана как всего строительства, так и проведения конкретных видов строительных работ.

Стадия 5. Логистика строительства. Уже готовый файл с BIM-моделью дополняется различными элементами логистического планирования, которые могут включать календарные планы транспортировки и доставки стройматериалов на строительство объекта.

Стадия 6. Эксплуатация объекта. После завершения строительства объекта его информационная модель (называемая также «цифровым двойником») продолжает существовать параллельно с физическим объектом. В процессе эксплуатации здания данные о состоянии здания мо-

гут вноситься в «цифровой двойник» как вручную, так и с помощью интернета вещей (IoT). При интеграции систем IoT большое количество датчиков собирает информацию об общем состоянии объекта и его инженерных систем. Комплекс получаемых данных в режиме реального времени при помощи беспроводной сети отображаются в «цифровом двойнике». Такой подход обеспечивает постоянный контроля режима работы сетей, обеспечивая при этом оперативное предотвращение аварийных ситуаций.

Несмотря на ряд очевидных преимуществ, сегодняшняя специфика BIM-проектирования имеет множество недостатков, которые условно можно объединить в следующие группы проблем:

1. Строительной компании необходима кардинальная реорганизация своего процесса проектирования. Внедрение BIM требует образования новых структур и проектных отделов, в которых каждый имеющий отношение к проекту сотрудник будет иметь доступ в систему с определённой степенью участия. Для обеспечения такого перехода в штате отделов требуются специалисты по технической поддержке BIM-программы и BIM-менеджеры проектов.

2. Техническая сложность и трудоёмкость BIM обуславливается сложностью совместимости BIM-программы со сторонним ПО, что зачастую приводит к некорректному отображению или составу BIM-модели. Перенасыщенность информационной модели сторонней и второстепенной информацией увеличивает вес конечного файла, что создаёт неудобства при его редактировании или просмотре.

3. Кадровый вопрос является наиболее сложным и тяжёлым при переходе на BIM-проектирование. Для такой работы нужен высококвалифицированный персонал. Для этого компании необходимо либо полностью менять штат сотрудников, либо организовывать для него курсы обучения BIM [6; 7; 8].

Из всех сложившихся обстоятельств можно заключить, что для участников рынка основной проблемой при переходе на информационное проектирование является необходимость единовременных финансовых затрат, которые в конечном итоге рискуют не окупиться.

С другой стороны, повсеместному развитию информационного проектирования мешает неразвитость строительного законодательства. С законодательными проблемами сталкивались разные страны мира (такие как Япония, Сингапур, Южная Корея, Великобритания, США и т.д.), в том числе и Россия. В последние годы российское законодательство начало поэтапное введение национальных стандартов в области информационного проектирования. Для этого также были внесены соответствующие поправки в Градостроительный кодекс Российской Федерации – главный регулятор российского архитектурно-строительного проектирования. Например, появились такие важные документы как ГОСТ Р 10.0.02-2019 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства» и СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Также была создана равноценная по смыслу BIM российская аббревиатура – ТИМ (технология информационного моделирования).

Россия проходит через этапы создания современной законодательной базы, правительство обязывает участников рынка переводить свои процессы в среду информационного проектирования. Важные перемены в этом вопросе произошли в начале 2025 года, когда вступили в силу поправки к Постановлению Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331. Согласно внесённым поправкам, с 1 января 2025 года применение технологий информационного моделирования стало обязательно для застройщиков многоэтажных жилых домов в рамках долевого строительства.

Другой проблемой развития информационного моделирования стала морально устаревшая учебная база. У профильных средних и высших учебных заведений довольно часто отсутствует нужная материально-техническая база и преподавательский состав [9; 10]. Требуется определённая перестройка учебных планов под нужды строительного рынка, где больший упор будет делаться на практические основы информационного проектирования. В перспективе это позволит избежать ситуации, когда учебное заведение выпускает специалистов «вчерашнего дня», не имеющих навыков работы в программной среде [11; 12].

Даже несмотря на вышеперечисленные недостатки, рынок BIM-программ демонстрирует уверенный рост. Поскольку среда информационного проектирования представляет из себя технологический синтез передовых технологий в области обработки данных и вычислений, существует большой пласт приоритетных направлений. К таким направлениям относятся, например, унификация и стандартизация облачных моделей, создание более ёмких форматов файлов, и т.д. Для простоты восприятия сформировавшиеся в настоящее время тенденции в информационном проектировании можно условно объединить в две основные категории:

1. Использование облачных технологий.

Облачные технологии являются важнейшим ядром в структуре BIM-проектирования. Благодаря нем команда проекта получает возможность совместной удалённой работы над трёхмерной информационной моделью объекта строительства, размещённой на внешнем сервере. На строительном рынке уже имеется опыт использования таких облачных сервисов, как «BIM 360», «PlanRadar», «Catenda Hub» и другие.

С одной стороны, такой подход помогает всем участникам проекта иметь доступ к нужным данным, что сокращает затраты бизнеса на каналы коммуникации. С другой стороны, внедрение облачных технологий несёт в себе большие затраты, также возникают определённые опасения в безопасности и надёжной защите облачных данных.

На примере сложившейся тенденции внедрения облачных сервисов в информационное проектирование видно, что облачным приложениям требуется много времени для замены стандартных BIM-инструментов. Этот процесс в будущем может ускорить новые алгоритмы построения облачных приложений, которые будут представлять синтез не только облачных, но также туманных и периферийных вычислений, что может ускорить процессы и качество хранимых данных.

2. Применение больших баз данных. Переход к технологиям облачного хранения данных стимулирует изменение структуры систем управления базами данных (СУБД). Поскольку объём баз данных постоянно растёт, в дальнейшем базы данных станут более атомарными. Это ключевое свойство транзакций в СУБД позволит ускорить скорость обмена данными в режиме реального времени, при этом минимизирует количество ошибок и коллизий.

При этом ключевым элементом может стать автономность СУБД. Крупными игроками строительного бизнеса создаются собственные открытые информационные экосистемы, которые позволяют компаниям не только сохранять контроль над управлением данными, но и не зависеть от политики компаний-разработчиков облачных платформ [6].

Из вышеперечисленных суждений можно сделать вывод о том, что скорость и качество обработки данных, а также их безопасность станут ключевыми драйверами развития информационного проектирования. Вполне возможно, что развитие систем искусственного интеллекта (ИИ) и прочие автоматизированные технологии лишь ускорят этот процесс.

При этом возрастает необходимость более тщательной защиты информации в среде BIM. Информационные модели содержат в своей структуре чувствительную информацию: чертежи, спецификации, финансовую информацию, данные о состоянии и управлении объектами. С учётом увеличения пропускной способности файлов, существенно повышаются риски утечек чувствительных данных. Потому вопросы информационной безопасности в среде информационного проектирования потребуют в будущем от разработчиков создания и внедрения более эффективных систем безопасности.

В ходе проведённого исследования были рассмотрены сущность, особенности применения и основные тенденции развития BIM-технологий в строительстве, а также выявлены ключевые преимущества и существующие проблемы их внедрения. На основании проведённого анализа представляется возможным сформулировать следующие выводы.

1. BIM-технологии на современном этапе выступают одним из ключевых направлений цифровой трансформации строительной отрасли, обеспечивая переход от традиционных методов проектирования к комплексному информационному моделированию. Их применение позволяет объединить все стадии жизненного цикла объекта – от проектирования и строительства до эксплуатации и последующей реконструкции – в единую цифровую среду. Это способствует более точной координации участников проекта, снижению количества проектных ошибок, повышению качества принимаемых решений и значительной оптимизации временных и финансовых затрат. В результате BIM становится не просто инструментом, а основой современного управления инвестиционно-строительными проектами.

2. Вместе с тем внедрение BIM-технологий сопровождается рядом системных проблем и ограничений, которые сдерживают их широкое распространение, особенно в странах с формирующейся нормативной и технологической базой. К числу ключевых трудностей относятся необходимость значительных первоначальных инвестиций, сложность интеграции BIM-программ с существующими программными продуктами, а также высокая трудоёмкость внедрения. Существенным барьером остаётся кадровый дефицит: для эффективной работы требуются специалисты нового уровня, обладающие как инженерными, так и цифровыми компетенциями. Дополнительно осложняет ситуацию недостаточная

проработанность образовательных программ и необходимость модернизации учебной базы, а также постепенный, но всё ещё незавершённый процесс формирования нормативно-правового регулирования в области информационного моделирования.

3. Дальнейшее развитие BIM-технологий будет определяться совершенствованием цифровой инфраструктуры и методов работы с данными, что делает их одним из наиболее перспективных направлений развития строительной отрасли в долгосрочной перспективе. Ключевую роль здесь будут играть облачные технологии, развитие систем управления большими данными, а также внедрение элементов искусственного интеллекта, способных автоматизировать процессы анализа и принятия решений. Одновременно возрастает значение вопросов стандартизации, унификации форматов данных и обеспечения информационной безопасности, поскольку BIM-модели содержат значительные объёмы критически важной информации. Таким образом, будущее BIM связано не только с технологическим прогрессом, но и с формированием устойчивой и безопасной цифровой среды в строительстве.

Литература

1. Аллабердиев, Р. Д. Современные тенденции и инновации в строительстве: от устойчивых технологий до цифровых решений / Р. Д. Аллабердиев, Д. Б. Дурдыев, Б. С. Гуванджов // Инновационная наука. – 2025. – № 4-1. – С. 53-55. – EDN YWIZHT.

2. Бидов Т. Х. Интеграция технологий искусственного интеллекта и цифровых двойников для оптимизации жизненного цикла зданий в условиях устойчивого строительства / Т. Х. Бидов, А. П. Токтан, А. А. Нукин [и др.] // Экономика строительства. – 2025. – № 6. – С. 637-639. – EDN ASOBRA.

3. Пупенцова, С. В. Цифровая трансформация в строительстве: влияние информационных технологий на стратегическое управление в организациях / С. В. Пупенцова, В. Милич // Beneficium. – 2025. – № 2(55). – С. 104-110. – DOI 10.34680/BENEFICIUM.2025.2(55).104-110. – EDN ZIKEMJ.

4. Таскаев, Е. В. Цифровые технологии как инструмент в оценке эффективности строительства / Е. В. Таскаев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2025. – № 5-2. – С. 72-75. – DOI 10.37882/2223-2974.2025.05-2.18. – EDN GIMOGP.

5. Куровский, С. В. Разработка подхода к организации строительства в условиях активного использования цифровых технологий и инструментов / С. В. Куровский, Е. М. Максименко, В. А. Педенко // Экономика строительства. – 2025. – № 3. – С. 156-160. – EDN SLKOXI.

6. Колесников, Л. С. Исследование эффективности применения технологий информационного моделирования (ТИМ) при проведении мероприятий строительного контроля объекта капитального строительства / Л. С. Колесников, И. Н. Дорошин // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 6, № 4(157). – С. 10-16. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.04.06.002. – EDN EMYUAC.

7. Топчий, Д. В. Интеграция информационного моделирования зданий и цифрового двойника в процессе строительства проекта / Д. В. Топчий, О. Д. Альоода // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № 1. – EDN JNEHEN.

8. Солдатенко, Т. Н. Цифровые двойники объекта строительства в управлении рисками инвестиционно-строительных проектов / Т. Н. Солдатенко, В. А. Костерин // Инженерные исследования. – 2025. – № 4(24). – С. 11-20. – EDN QJEYGZ.

9. Гуванджов, Б. Современные тенденции в архитектуре и строительстве: инновации, цифровизация и BIM-технологии / Б. Гуванджов, Н. Акмаммедов, Х. Амангелдиев // Парадигма. – 2025. – № 9-3. – С. 60-63. – EDN GQHALK.

10. Сайфуллина, Ф. М. Инновационные подходы и методы в строительстве / Ф. М. Сайфуллина, Р. Л. Салахов, Р. А. Авдеев // Экономика строительства и жилищно-коммунального хозяйства. – 2025. – № 3(12). – С. 56-66. – EDN UPSVTC.

11. Песоцкая, Е. В. Цифровые технологии как инструмент управления проектами в инвестиционно-строительной сфере / Е. В. Песоцкая, Н. Г. Плетнева // Экономика строительства. – 2025. – № 10. – С. 133-135. – EDN VNFUFC.

12. Вирцев, М. Ю. Процедура осуществления инвестиционно-строительного проекта при помощи технологии информационного моделирования / М. Ю. Вирцев, А. Ф. Абзалов // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2025. – № 7(177). – С. 124-131. – DOI 10.26726/rppe2025v7tpfia. – EDN YFCYTE.

Perspectives for the use digital technologies in the construction industry

Vyrodova I.G., Koharev S.E., Popova E.G., Linnik S.V., Volkhin D.E.
Kuban State Technological University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This This article examines the key trends and potential prospects for BIM technologies in construction. It defines and highlights the importance of information design for the construction market. The review concludes that project data, its completeness, and the speed of its exchange will become key elements in the future development of BIM design. The article's findings may be of interest to software engineers and information modeling specialists.

Keywords: digitalization of construction, artificial intelligence, information modeling technologies.

References

1. Allaberdiev, R. D. Modern trends and innovations in construction: from sustainable technologies to digital solutions / R. D. Allaberdiev, D. B. Durdyev, B. S. Guvandzhov // Innovative Science. – 2025. – No. 4-1. – pp. 53-55.
2. Bidov T. H. Integration of artificial intelligence technologies and digital twins for optimizing the life cycle of buildings in conditions of sustainable construction / T. H. Bidov, A. P. Toktan, A. A. Nukin [et al.] // Economics of Construction. – 2025. – No. 6. – PP. 637-639.
3. Pupentsova, S. V. Digital transformation in construction: the impact of information technology on strategic management in organizations / S. V. Pupentsova, V. Milich // Beneficium. – 2025. – № 2(55). – Pp. 104-110. – DOI 10.34680/BENEFICIUM.2025.2(55).104-110.
4. Taskaev, E. V. Digital technologies as a tool in assessing the effectiveness of construction / E. V. Taskaev // Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and Law. – 2025. – № 5-2. – pp. 72-75. – DOI 10.37882/2223-2974.2025.05-2.18.
5. Kurovsky, S. V. Development of an approach to the organization of construction in conditions of active use of digital technologies and tools / S. V. Kurovsky, E. M. Maksimenko, V. A. Pedenko // Economics of construction. – 2025. – No. 3. – pp. 156-160.
6. Kolesnikov, L. S. Investigation of the effectiveness of information modeling technologies (IMT) in carrying out construction control measures for a capital construction facility / L. S. Kolesnikov, I. N. Doroshin // Economics and management: problems, solutions. – 2025. – Vol. 6, No. 4(157). – pp. 10-16. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.04.06.002.
7. Topchy, D. V. Integration of information modeling of buildings and a digital twin in the process of project construction / D. V. Topchy, O. D. Alooda // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – Vol. 17, No. 1.
8. Soldatenko, T. N. Digital twins of a construction object in risk management of investment and construction projects / T. N. Soldatenko, V. A. Kosterin // Engineering research. – 2025. – № 4(24). – Pp. 11-20.
9. Guvandzhov, B. Modern trends in architecture and construction: innovations, digitalization and BIM technologies / B. Guvandzhov, N. Akmammedov, H. Amangeldiev // Paradigm. – 2025. – No. 9-3. – PP. 60-63.
10. Saifullina, F. M. Innovative approaches and methods in construction / F. M. Saifullina, R. L. Salakhov, R. A. Avdeev // Economics of construction and housing and communal services. – 2025. – № 3(12). – Pp. 56-66.
11. Pesotskaya, E. V. Digital technologies as a project management tool in the investment and construction sector / E. V. Pesotskaya, N. G. Pletneva // Economics of construction. – 2025. – No. 10. – pp. 133-135.
12. Virtsev, M. Y. The procedure for implementing an investment and construction project using information modeling technology / M. Y. Virtsev, A. F. Abzalov // Regional problems of economic transformation. – 2025. – № 7(177). – Pp. 124-131. – DOI 10.26726/rppe2025v7tpfia.

Региональная специфика и механизмы управления устойчивым развитием рынка жилой недвижимости городов-миллионников СФО

Гроо Кристина Анатольевна
преподаватель-исследователь, Сибирский федеральный университет, Kristina.shishkina.96@bk.ru

В статье анализируется, как функционирует и регулируется рынок жилой недвижимости в городах-миллионниках СФО в контексте задач его устойчивого развития. В центре внимания – сочетание климатических, инфраструктурных, демографических и институциональных условий, которые задают специфику регионального рынка жилья. На основе SWOT-анализа выделяются ключевые проблемные зоны: климато-технологическая уязвимость, пространственно-транспортные диспропорции, уязвимость моногородских территорий и адаптационные риски миграции. Показано, что традиционные экономико-детерминированные, градостроительные, институциональные, социально-экологические и проектно-управленческие подходы в условиях городов-миллионников СФО обладают существенными ограничениями. В качестве авторского решения предлагается интегративно-динамическая матрица, обеспечивающая регионально адаптируемую конфигурацию механизмов управления устойчивым развитием рынка.

Ключевые слова: устойчивое развитие, рынок жилой недвижимости, города-миллионники, жилищная политика, факторы устойчивости, модель управления.

По мере роста крупных городов и сама городская среда: усложняется планировочная структура, экономические связи, социальная структура. Это прямым образом повышает требования к системам управления рынком жилья.

В условиях роста урбанизационной нагрузки, дефицита территориальных ресурсов, изменения демографических параметров и повышения значимости экологических ограничений рынок жилья становится не только объектом экономического регулирования, но и важным элементом устойчивости городской системы в целом. Для городов-миллионников СФО данная проблематика становится особенно значимой в связи с сочетанием особых климатических условий, высокой концентрации промышленного производства, пространственной неоднородности развития и выраженной миграционной динамики [1].

Продолжительный отопительный период, значительные перепады температур и повышенные требования к энергоэффективности зданий формируют особые условия реализации девелоперских проектов и эксплуатацию жилого фонда. Наличие крупных предприятий в непосредственной близости от жилых массивов усиливает экологические риски и влияет на привлекательность отдельных районов для проживания. Одновременно города выступают центрами притяжения для населения из прилегающих территорий, что усиливает нагрузку на инфраструктуру, социальную сферу и рынок жилья. В совокупности эти обстоятельства определяют необходимость выделения и комплексного анализа факторов, оказывающих ключевое влияние на устойчивое развитие рынка жилой недвижимости в рассматриваемых городах [2,3].

Для систематизации влияния внешних и внутренних детерминант на устойчивость рынка жилья применен SWOT-анализ, позволивший структурировать сильные и слабые стороны, возможности и угрозы по четырем группам факторов. В таблице 1 представлены результаты SWOT-анализа факторов, определяющих устойчивость рынка жилой недвижимости городов-миллионников СФО.

Таблица 1
SWO□-анализ факторов, определяющих устойчивость рынка жилой недвижимости (составлено автором)

Факторы	Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности	Угрозы
Климатические условия	Формируют спрос на более качественные и технологически адаптированные строительные решения.	Повышают требования к материалам и конструктивным решениям, увеличивают износ жилья.	Создают стимулы для развития энергоэффективного домостроения и теплосбережения.	Ведут к росту затрат на строительство, содержание и эксплуатацию жилья.
Транспортная доступность	Усиливает связанность городской территории и поддерживает развитие удаленных районов.	При недостаточном развитии сети повышает издержки перемещения.	Открывает возможности для развития мультимодальных и цифровых транспортных решений.	Способствует перегрузке улично-дорожной сети, росту времени поездок и социальной напряженности
Моногорода в структуре агломераций	Поддерживает формирование кадрового и производственного обмена между территориями.	Усиливает зависимость от узкой отраслевой базы и снижает устойчивость локальной экономики.	Позволяет выстраивать кооперационные связи и расширять межтерриториальное взаимодействие.	Может приводить к миграционному оттоку, падению занятости и росту нагрузки на крупный город.
Миграционные потоки	Поддерживают спрос на жилье и способствуют экономической активности крупных городов.	Повышают нагрузку на жилищную, социальную и инженерную инфраструктуру.	Стимулируют развитие доступного жилья и расширение строительного рынка.	Усиливают ценовое давление, дефицит инфраструктуры и социальные риски.

По итогам проведенного анализа стоит отметить существенные особенности влияния группы факторов на параметры устойчивости рынка жилья:

1. Климатические условия в городах-миллионниках СФО одновременно работают в двух направлениях. Они подталкивают застройщиков к применени. Более энергоэффективных решений и надежных конструкций, но параллельно существенно сужают выбор технологий и

ускоряют физический износ домов. В результате рынок оказывается чувствителен к качеству инженерных решений и квалификаций строительных компаний, а климат становится одним из факторов, влияющих на доступность жилья.

2. От того, как устроена транспортная система, зависит, насколько город воспринимается как единое пространство. Более развитая транспортная система способствует расширению территориальных границ освоения, снижает давление на центральные зоны и создает условия для более равномерного развития городской среды. Вместе с тем недостаточная связанность территории увеличивает временные и финансовые издержки населения, снижает привлекательность удаленных районов и усиливает пространственную дифференциацию. В результате транспортная доступность становится ключевым условием для формирования сбалансированного городского развития.

3. Моногорода могут выступать источником квалифицированных кадров и площадкой для межтерриториальной кооперации, однако их зависимость от определенного числа отраслей создает высокие риски для устойчивости агломераций. При ухудшении экономической ситуации в таких населенных пунктах возрастает миграционный отток, снижается платежеспособный спрос, ухудшается состояние жилищного фонда и возрастает нагрузка на крупные городские центры. Это делает моногородскую проблематику важным элементом анализа устойчивости рынка жилой недвижимости [4].

4. Миграционные потоки оказывают двойственное влияние на рынок жилья. Приток населения поддерживает спрос на жилую недвижимости, расширяет емкость рынка и способствует экономической активности. Одновременно миграция усиливает давление на жилищную, транспортную и социальную инфраструктуру, что при недостаточной адаптации городских систем приводит к росту цен, дефициту жилья и усилению социальной напряженности. Таким образом, миграционные процессы должны рассматриваться не только как источник рыночного роста, но и как фактор, требующий управленческого сопровождения.

Сопоставление сильных и слабых сторон указанных факторов с их потенциальными возможностями и угрозами позволяет выделить несколько проблемных зон, которые в наибольшей степени подрывают устойчивое развитие рынка жилья.

Таблица 2
Проблемные зоны устойчивого развития рынка жилой недвижимости в городах-миллионниках СФО (составлено автором)

Блок проблем	Содержание	Последствия
Климато-технологическая уязвимость	Высокие требования к теплозащите, ограниченный выбор строительных решений, рост затрат на возведение и содержание жилья	Удорожание жилья, снижение его доступности, ускорение морального и физического старения жилого фонда
Пространственно-транспортные диспропорции	Неравномерная обеспеченность транспортной инфраструктурой, слабая связанность периферийных районов, рост временных и финансовых издержек населения	Снижение привлекательности отдельных территорий, усиление территориальной сегрегации, ухудшение качества городской среды
Уязвимость моногородских территорий	Зависимлсть от ограниченного числа отраслей, риски сокращения занятости, слабая интеграция в экономику агломерации	Отток населения, снижение платежеспособного спроса, ослабление жилищного строительства и деградация инфраструктуры [5]
Адаптационные риски миграции	Рост нагрузки на жилье, коммунальные и социальные услуги, неравномерное распределение новых жителей по территории города	Повышение цен на жилье, усиление социальной напряженности, формирование локальных очагов дефицита инфраструктуры

Определение этих блоков позволяет перейти от анализа отдельных характеристик среды к оценке того, насколько существующие управленческие подходы способны учитывать выявленные особенности. Если посмотреть на действующие подходы к регулированию рынка жилья, то становится заметно несколько устойчивых линий. Каждая из них отвечает на стоящие перед городами вызовы, однако в условиях городов-миллионников СФО их ограничения проявляются особенно явно.

Первая группа подходов, условно обозначаемая как экономико-детерминированная, ставит в центр внимания ценовые и инвестиционные параметры: динамику стоимости жилья, доходность проектов, условия ипотечного кредитования, риски для инвесторов и домохозяйств. Это обеспечивает высокий уровень измеримости и сопоставимости показателей, но оставляет вне внимания внутригородскую дифференциацию, социальные последствия решений на рынке жилья и воздействие природно-климатических ограничений.

Вторая линия – пространственно-градостроительная – фокусируется на планировочной структуре, плотности и характере застройки, развитии транспортной и социальной инфраструктуры. Она позволяет предотвращать хаотичное освоение территории и снижать инфраструктурные риски, но в силу жесткости регламентов и инерционности планировочных документов не всегда успевает реагировать на быстрые изменения спроса демографической структуры.

Институциональный ракурс связан с нормативно-правовыми режимами, правами собственности, формами регулирования и контроля. Он создает базу предсказуемости и снижает транзакционные издержки, однако сопровождается высокой степенью формализации процедур, что затрудняет оперативную настройку правил под меняющиеся условия.

Социально-экологический подход акцентирует внимание на доступности жилья, в качестве городской среды и соблюдении экологических требований, но в условиях ограниченного бюджета и невысоких доходов населения реализация этих приоритетов часто сталкивается с финансовыми и организационными барьерами.

Проектно-управленческая логика концентрации ресурсов на крупных преобразовательных проектах (реновация, комплексное развитие территории и т.д.) позволяет добиваться заметных изменений в отдельных зонах, но при недостаточной координации может усиливать территориальную и социальную поляризацию.

Обобщенное представление о сильных и слабых сторонах и ограничениях данных подходов с точки зрения устойчивого развития рынка жилья в городах-миллионниках СФО приведено в таблице 3.

Таблица 3
Подходы к управлению развитием рынка жилой недвижимости и их ограничения в условиях городов-миллионников СФО (составлено автором)

Подход	Позитивный управленческий потенциал	Узкие места и риски	Особенности с точки зрения устойчивости рынка жилья
Экономико-детерминированный	Обеспечивает измеримость процессов, позволяет рассчитывать доходность проектов и оценивать инвестиционные риски.	Фокусируется на средних показателях, слабо отражает внутригородскую неоднородность и социально-экологические аспекты.	Возможны решения, которые экономически эффективны в краткосрочном плане, но усиливают ценовую недоступность и социальные дисбалансы.
Пространственно-градостроительный	Способствует упорядочению застройки, снижает хаос в использовании территории, поддерживает развитие инфраструктуры.	Жесткие регламенты затрудняют адаптацию к меняющимся условиям, недостаточно учитываются интересы разных групп населения.	При несвоевременном обновлении планировочных решений закрепляет территориальную сегрегацию и ограничивает возможности расширения жилищного предложения.
Институциональный	Формирует предсказуемые «правила игры», снижает транзакционные издержки и укрепляет защиту прав участников рынка.	Инерционность правового поля и сложность процедур затрудняют быстрый отклик на новые вызовы и региональную специфику.	Задержка с корректировкой регулятивных режимов усиливает правовую неопределенность и тормозит реализацию устойчивых проектов в жилищной сфере.
Социально-экологический	Ориентирует политику на качество городской среды, доступность жилья и соблюдение экологических ограничений.	Требует значительных ресурсов, может входить в противоречие с целями краткосрочной экономической эффективности.	При недостаточном финансировании остается на уровне деклараций, не обеспечивая фактического улучшения условий проживания и экологической ситуации.
Проектно-управленческий	Позволяет концентрировать ресурсы на крупных преобразовательных инициативах, ускоряя модернизацию отдельных территорий.	Есть риск перераспределения выгод в пользу «сильных» районов, вытеснения уязвимых групп и неподконтрольного роста цен.	Усиливает неоднородность рынка жилья и социальную поляризацию, если не встроен в систему комплексного территориального и жилищного планирования.

Сопоставление результатов SWOT-анализа и проблемного поля с характеристикой существующих подходов позволяет зафиксировать несколько методологических разрывов:

1. Многие модели строятся как универсальные и фактически не предполагают настройки под конкретное сочетание факторов, которое мы наблюдаем в сибирских городах-миллионниках.

2. Значительная часть используемых моделей исходит из унифицированных представлений о функционировании рынка жилья и не предусматривает тонкую настройку под специфические конфигурации факторов, характерные для сибирских городов-миллионников.

3. Отдельные подходы ориентированы на свои узловые параметры (экономические, пространственные, правовые, социально-экологические или проектные), в результате чего интегральная оценка устойчивости и согласованное управление оказываются затрудненными.

4. Многие управленческие решения конструируются исходя из предпосылки относительной стабильности внешней среды, тогда как для рассматриваемых городов характерны высокая изменчивость внешних условий, зависимость от колебаний отраслевых рынков, демографическая и экологическая турбулентность.

Указанные обстоятельства задают необходимость такой методологической конструкции, которая, с одной стороны, опиралась бы на уже накопленный теоретико-практический опыт, а с другой – позволяла бы настраивать систему управления под конкретную территорию.

В рамках исследования разработана интегративно-динамическая матрица управления устойчивым развитием рынка жилой недвижимости городов-миллионников СФО, выступающая ядром предлагаемого подхода. По своей сути она представляет собой многоуровневую схему, которая увязывает результаты диагностики городской среды, выбор и сочетание управленческих инструментов и настройку регулятивных механизмов с учетом изменений внешних и внутренних условий.

Структура матрицы представлена в таблице 4.

Таблица 4

Структура интегративно-динамической матрицы управления устойчивым развитием рынка жилья (составлено автором)

Уровень	Содержание	Значение для управления рынком жилья
Диагностический	Оценка сочетания климатических, экономических, пространственных и демографических характеристик конкретного города; фиксация исходных ограничений и возможностей.	Обеспечивает отказ от универсальных схем и учет региональной специфики при постановке задач развития рынка жилья.
Интеграционный	Согласование экономико-детерминированных, градостроительных, институциональных и социально-экономических инструментов в единой логике.	Позволяет сформировать целостный набор мер, а не набор разрозненных решений по отдельным направлениям регулирования.
Адаптационный	Мониторинг ключевых индикаторов состояния рынка и городской среды, пересмотр управленческих настроек и при существенных отклонениях.	Реализует принцип динамической настройки системы управления в условиях высокой изменчивости внешней и внутренней среды.
Целевой	Формирование ориентиров устойчивого развития жилищного рынка, городской территории и системы управления в целом.	Задает измеримые целевые параметры и обеспечивает возможность оценки результатов проводимой политики.

В отличие от традиционных моделей, ориентированных на воспроизводство однажды заданной конфигурации рынка, интегративно-динамическая матрица изначально строится как адаптивный инструмент. Диагностический уровень опирается на результаты факторного и SWOT-анализа и позволяет зафиксировать уникальную комбинацию климато-технологических, пространственно-транспортных, моногородских и миграционных факторов для каждого города-миллионника СФО. Интеграционный уровень задаёт логику сочетания инструментов различных подходов, исключая ситуацию, когда экономические, градостроительные и институциональные решения принимаются автономно и порождают взаимоусиливающие дисбалансы. Адаптационный уровень закрепляет требование регулярной сверки управленческих настроек с динамикой ключевых индикаторов (доступность жилья, состояние инфраструктуры, качество городской среды и др.) и их корректировки при существенных отклонениях. Целевой уровень, в свою очередь, превращает устойчивость рынка жилья из абстрактной категории в совокупность параметров, поддающихся количественной и качественной оценке.

Для городов-миллионников Сибирского федерального округа применение интегративно-динамической матрицы позволяет, с одной стороны, учесть совокупность специфических ограничений (жёсткий климат, индустриальное наследие, фрагментарность пространственного каркаса, напряжённую миграционную ситуацию), а с другой — встроить регулирование рынка жилья в более широкий контур территориального развития. В этом случае устойчивость жилищного сектора трактуется как способность системы сохранять функциональную целостность, приемлемый уровень доступности и качества жилья при воздействии внешних и внутренних шоков, а не как статичное равновесное состояние.

Таким образом, проведённое исследование показывает, что устойчивое развитие рынка жилой недвижимости в городах-миллионниках СФО невозможно обеспечить только за счёт использования отдельных, пусть и концептуально обоснованных, подходов к управлению. Требуется интегрированная, но при этом регионально настраиваемая модель, опирающаяся на факторный анализ, выявление ключевых блоков уязвимости и алгоритм согласования экономических, пространственных, институциональных и социально-экологических инструментов с учётом специфики конкретной городской территории. Интегративно-динамическая матрица, предложенная в рамках данного исследования, задаёт такую методологическую рамку и может рассматриваться в качестве основы для разработки организационно-экономического механизма управления устойчивым развитием рынка жилой недвижимости городов-миллионников Сибирского федерального округа.

Литература

1. Бобылёв С.Н., Махрова Г.А. Устойчивое развитие городов. – М.: Инфра-М, 2011. – 320 с.
2. Тенденции развития жилищного рынка и жилищного строительства в России / Т.Д. Полиди, С.А. Жильцов, А.С. Беляев и др. // Экономика и управление: новые вызовы и перспективы. – 2023. – № 2. – С. 45–59.
3. Назарова Е.А., Кузнецова И.В. Оценка факторов развития регионального рынка жилья [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. – 2025. – № 6. – Режим доступа: https://fundamental-research.ru/article/view?id=43152 (дата обращения: 23.03.2026).
4. Аналитический доклад по вопросам управления развитием моногородов [Электронный ресурс] / А.С. Пузанов, Т.Д. Полиди, А.Г. Егоров и др. – М.: Институт экономики города, 2011. – Режим доступа: https://www.urbaneconomics.ru/research/analytics/analiticheskiy-doklad-po-voprosam-upravleniya-razvitiem-monogorodov (дата обращения: 25.03.2026).
5. Ермилина Д.А., Санталова М.С., Соклакова И.В. Моногорода в России и проблемы их развития [Электронный ресурс] // Экономика региона. – 2019. – Т. 15. – № 4. – Режим доступа: https://www.e-rej.ru/upload/iblock/e32/702k3wcldx0l7e1wgfa7pyhxl53e2ay6.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

Regional specificities and governance mechanisms of sustainable development of the residential real estate market in million-plus cities of the Siberian Federal District

Groo K.A.
Siberian Federal University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article analyzes how the residential real estate market functions and is regulated in the cities of the Siberian Federal District in the context of the tasks of its sustainable development. The focus is on a combination of climatic, infrastructural, demographic and institutional conditions that define the specifics of the regional housing market. Based on the SWOT analysis, key problem areas are identified: climatic and technological vulnerability, spatial and transport imbalances, vulnerability of single-industry urban areas and adaptive migration risks. It is shown that traditional economically deterministic, urban planning, institutional, socio-ecological, and design-management approaches in the conditions of cities with millions of inhabitants of the Siberian Federal District have significant limitations. As an author's solution, an integrative-dynamic matrix is proposed that provides a regionally adaptable configuration of mechanisms for managing sustainable market development.

Keywords: sustainable development, residential real estate market, million-plus cities, housing policy, sustainability factors, governance model.

References

1. Bobylev S.N., Makhrova G.A. Sustainable Development of Cities. – Moscow: Infra-M, 2011. – 320 p.
2. Polidi T.D., Zhiltsov S.A., Belyaev A.S. et al. Trends in the Development of the Housing Market and Housing Construction in Russia // Economics and Management: New Challenges and Prospects. – 2023. – No. 2. – P. 45–59.
3. Nazarova E.A., Kuznetsova I.V. Assessment of Factors in the Development of the Regional Housing Market [Electronic resource] // Fundamental Research. – 2025. – No. 6. – Available at: https://fundamental-research.ru/article/view?id=43152.
4. Analytical Report on the Management of the Development of Single-Industry Towns [Electronic resource] / Puzanov A.S., Polidi T.D., Egorov A.G. et al. – Moscow: Institute for Urban Economics, 2011. – Available at: https://www.urbaneconomics.ru/research/analytics/analiticheskiy-doklad-po-voprosam-upravleniya-razvitiem-monogorodov.
5. Ermilina D.A., Santalova M.S., Soklakova I.V. Single-Industry Towns in Russia and Problems of Their Development [Electronic resource] // Economy of Region. – 2019. – Vol. 15. – No. 4. – Available at: https://www.e-rej.ru/upload/iblock/e32/702k3wcldx0l7e1wgfa7pyhxl53e2ay6.pdf.

Современные подходы к развитию научно-промышленной индустрии в условиях Крайнего Севера

Ильвицкая Светлана Валерьевна
д. арх., проф., зав. каф. Архитектуры, Государственный университет по землеустройству; проф. каф. Архитектуры, Институт строительства и архитектуры, НИУ «Московский государственный строительный университет»,

Данченко Алиса Юрьевна
асп. каф. «Архитектура», Государственный университет по землеустройству,

Сизова Анастасия Дмитриевна
соискатель каф. «Архитектура», Государственный университет по землеустройству

В статье рассматриваются эволюция и современные подходы к формированию научно-промышленной архитектуры в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ). Актуальность работы обусловлена необходимостью адаптации архитектурно-градостроительных решений к экстремальным природно-климатическим условиям. Выявлены ключевые принципы проектирования промышленных и научно-исследовательских объектов в условиях Крайнего Севера. Рассмотрены перспективы применения альтернативных источников энергии и экологических приёмов, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на арктическую экосистему. Установлено, что современный этап характеризуется переходом от утилитарного строительства к высокотехнологичным, адаптивным комплексам.
Ключевые слова: Промышленная архитектура, Крайний Север, Арктика, градостроительство, климатическая адаптация, устойчивое развитие, альтернативные источники энергии, научно-исследовательские станции, цифровизация производства.

Введение

Определение Арктического региона – многозначное понятие, основанное на природно-климатических факторах, международных соглашениях и внутригосударственных нормах. Существуют три основные системы определения территориальных границ Арктики по соответствующим признакам, таким как географический, социальный и экономический.

Арктическая зона РФ (АЗРФ) определяется согласно Федеральному закону № 139 – ФЗ «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» как зона действия территориально специфических экономических мер государственной политики [1].

Характерными особенностями данной зоны являются:

- экстремальные природно-климатические условия»
- квазиприродный характер городских ландшафтных составляющих»
- сложный режим инсоляции и аэрации;
- наличие участков «вечной мерзлоты».

Согласно статистическому анализу использования, РФ занимает первое место среди восьми государств имеющих долю территорий в Арктическом регионе (рис 1).

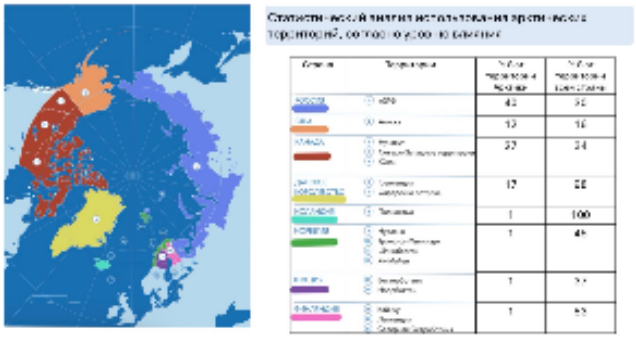


Рис. 1. Статистический анализ использования арктических территорий

До второй половины XX в. освоение арктических территорий происходило эмпирическим путем, что в дальнейшем послужило базисом для теоретических исследований. Начиная со второй половины XX в. отечественными учеными опубликован ряд теоретических исследований вопросов организации застройки, объемно-планировочном решении зданий в суровых климатических условиях и архитектурного формообразования. В своих работах Полуй Б.М. [4] [5] делает акцент на адаптацию архитектурных решений с учетом строительной климатологии и применяет экологические принципы к проектированию и градостроительству. Современный архитектор-исследователь Савинова В.А. [6] применяет уже комплексный подход к изучению архитектурных, инженерно-технических и организационно-технологических аспектов типологического ряда научно-исследовательских объектов.

Целью социально-экономической политики СССР на протяжении XX столетия было освоение арктического региона как важного ресурсного потенциала страны. Начиная с 1932 года начинается активное развитие промышленных отраслей по добыче угля, золота, железной руды, флюорита в Амдерме, Воркуте, Норильске, Якутии. Также активно развивается лесоперерабатывающая промышленность, что ведет к активному строительству крупных речных портов и исправительно-трудовых лагерей, как части жилой инфраструктуры при производственных комбинатах.

Решением проблемы транспортной доступности в северных регионах занималось акционерное общество «Комсеверпуть», основанное в 1928 г., которое положило начало развитию Северного Морского пути.

Рассвет градостроительства КС пришелся после 1930-х гг. Преимущественно формировались арктические поселения, для размещения населения, работающего на градообразующих промышленных предприятиях.

Научно-исследовательское освоение Арктического региона происходило через строительство полярных станций и исследовательских ин-

ститутов, что улучшило навигацию и увеличило продолжительность ледовых экспедиций. Всего в РФ на данный момент существует 118 научно-исследовательских станций (НИС), 53 – рабочих и 67 – закрытых.

Одна из старейших отечественных НИС построена в Российской Империи в 1881 году и носила название «Соловецкая биологическая станция», была расположена в Архангельской области. Свою работу она прекратила в 1899 году. НИС классифицируются согласно периоду эксплуатации, инфраструктуре, объемно-планировочным признакам, площади, функционально-планировочным и конструктивным решениям, научной направленности.

Современные подходы к развитию научно-промышленной индустрии на КС

В Российской Арктике — более 1 000 населенных пунктов (в том числе 90 городов и поселков городского типа). Совсем небольшие по численности населения, нередко они играют ключевую роль в развитии экономической, инфраструктурной и логистической системы всего макрорегиона и страны в целом, а также вносят ключевой вклад в обеспечение национальной безопасности [3]. Арктические регионы требуют особого подхода для установления устойчивого развития. Численность населения не является основополагающим фактором в определении значимости градостроительного объекта. Стратегическую значимость представляют опорные населенные пункты, формирующие целостный каркас Российской Арктики (рис. 2). Это не только крупнейшие ресурсодобывающие центры и базы поддержания Северного морского пути. Крупные производственные блоки стали основополагающими для дальнейшего освоения территорий, посредством которых на данный момент ведется промышленное освоение сырьевых ресурсов.

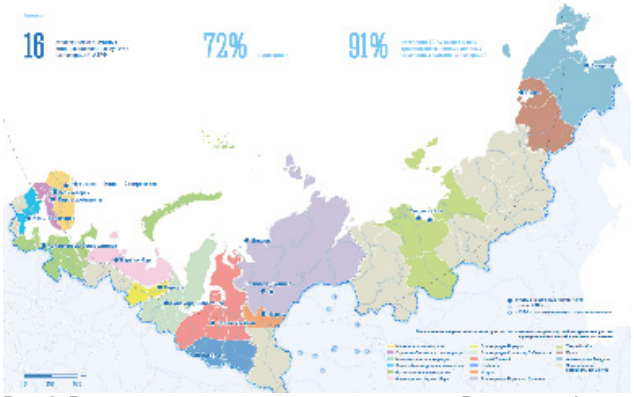


Рис. 2. Распределение основных опорных пунктов Российской Арктики [3].

Развитие промышленных объектов связано с развитием научных достижений и технологий, разработка и внедрение которых повышают функциональность и высокотехнологичность производственных процессов. Они имеют непосредственное отражение в объемно-пространственной структуре зданий и обусловлено наличием гибкой производственной системы, роботизацией и технологизацией производственных процессов аддитивного производства, киберфизическими системами [2]. Применение данных технологий ведет к значительному уменьшению площади современных промышленных объектов, что требует компактности объемно-планировочных решений и применения гибких производственных модулей и ведет к сокращению числа сотрудников, что дает возможность изменения микроклиматических условий промышленных цехов и к локальному размещению зон для операторов производства. Подобный подход позволит применить приемы экологизации и сократить затраты энергоресурсов на производственных предприятиях, а в дальнейшем их переход на автономность за счет альтернативных источников энергии.

Такой же экологический подход кроется в применении аддитивного производства, заключающего в себе воспроизводство деталей и фрагментов на 3D принтерах. Подобный прием повышает безотходность производственной деятельности, что приводит к снижению антропоморфного воздействия на Арктические территории. Также снижается уровень шумовой нагрузки и пылевых остатков. Подобная технология на данном этапе реализуется на высокоточных производственных предприятиях по выпуску автомобильной, аэрокосмической и медицинской продукции.

Киберфизическая система основана на синергетическом подходе цифровизации и объектно-предметной среды. Создание единой общей цифровой базы, содержащей всю информацию по выпускаемой продукции и способу наладки линий производства сокращает сроки возведения, или перепрофилирование производственных цехов. Данный аспект наиболее важен для развития научных подходов в современных промышленных производствах и при их модернизации.

Предложенные подходы приводят к рациональному уменьшению производственных зон, компактности и эффективности расстановки оборудования за счет сокращения технологических участков, при одновременном увеличении производственных операций. Тем самым архитектура промышленных объектов преобразуется вслед за преобразованием технологических линий и приобретает компактный П-образные или петлеобразные формы. Также становится возможным применение объемно-планировочных модулей при формировании архитектуры производственных комплексов, каждый элемент которого представляет собой производственную ячейку. Данный метод дает возможность для реализации сценарного и рационального подходов за счет обеспечения возможности роста производственных структур и быстрого его перепрофилирования.

Архитектура современных производственных объектов носит линейный плоскостной характер, вертикальными доминантами в таких производствах могут выступать административно-офисные блоки, автоматизированные склады (рис. 3).

Рис. 3. Штабквартира «Гира» (Gira). Sauerbruchhutton architects, Германия, 2016

Архитектурный образ и пластика фасада отличаются лаконичностью, что способствует созданию композиционной целостности. Выразительность силуэта достигается либо за счет пластики фасада, формируемой к примеру портальными входными группами (здание сборочного завода «Модин» (Modine Hn) (RMA Architekten, Венгрия, 2008) (рис. 4), либо врезками внутренних двориков и террас (производственный цех «Пак Систем» (Pac-Systeme) (Barkow Leibinger Architects, Германия, 2016)) (рис. 5).

Рис. 4. Здание сборочного завода «Модин» (Modine Hn) RMA Architekten, Венгрия, 2008

Рис. 5. Производственный цех «Пак Систем» (Pac-Systeme) (Barkow Leibinger Architects, Германия, 2016

Открытые внутренние дворики и террасы не применимы в условиях КС, как и сложная пластика фасада. Включение закрытых зимних садов

и устройство внутренних атриумов позволят соблюдать требования, предъявляемые к внутреннему микроклиматическому режиму.

Особою эффективностью, с точки зрения обеспечения требуемого качества инсоляции, и архитектурной выразительностью обладают световые фонари (фабрика «ХААС» (HAAS) (Barkow Leibinger Architects, Германия, 2000)) (рис. 6). Кровли выступают в качестве зеленого «пятого фасада».

Рис. 6. Фабрика «ХААС» (HAAS) (Barkow Leibinger Architects, Германия, 2000

Несмотря на то, что большинство современных промышленных объектов обладают плоской кровлей, для северных регионов предпочтительно устройство скатных, для сокращения снеговой нагрузки.

Приемами архитектурной выразительности производственных зданий могут служить приемы дизайна - колористические решения, сочетания различных отделочных материалов, инсталляции и светоцветовые фасадные решения.

Промышленная энергетическая архитектура XXI в. в условиях КС

По мере того, как глобальные экологические меры по сохранению окружающей среды продолжают развиваться, становится все более настоятельной необходимость решения связанных с энергетикой проблем. Поиск более надежных и эффективных энергетических решений привел к возобновлению интереса к технологии атомной энергетики. Ядерный синтез, часто называемый "искусственным солнцем", является ключом к получению практически безграничной энергии от слияния легких атомных сердечников. В отличие от ядерного деления, которое производят радиоактивные отходы и вызывают опасения по поводу безопасности, реакции синтеза создают минимальные загрязняющие вещества. Перспектива энергии синтеза заключается не только в его чистоте, но и в изобилии источников топлива. Так, добыча лития в морской воде предлагает дальнюю перспективу для зарядки термоядерных реакторов на устойчивой основе для будущих поколений.

Данный подход представлен в китайской концепции Башни Вечной Энергии (Eternal Energy Tower, 2024 Skyscraper Competition Honorable Mention. Lee Jun, Nam Ki Hun, Hwang Seo Hui. South Korea, 2024 г.) (рис. 7) [8]. Когда посетители Поднимаясь на верхний этаж башни, посетители видят «искусственное солнце» – чудо современной техники и научных достижений. Нижние части башни содержат инновационные объекты по добыче лития, интегрированные в конструктив здания для обеспечения непрерывных поставок топлива для процесса синтеза.

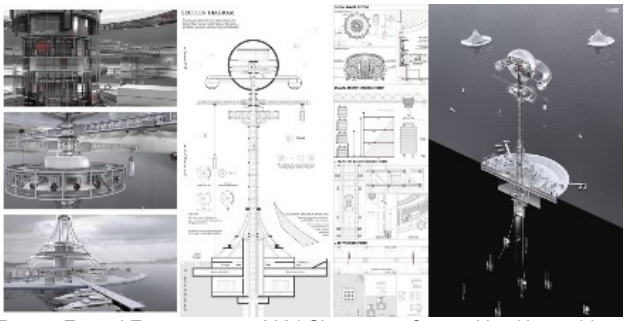


Рис. 7. Eternal Energy ower, 2024 Skyscraper Competition Honorable Mention

Еще в одном проекте Китая под названием «Линия спасения в Антарктике» (Antarctic Rescue Line. Honorable Mention 2023 Skyscraper Competition. Yufeng Lu, Junhao Chen, Jinming Gu, Hanye Lin, Xiaoting Zhao, Yue Wang, Sirun Li, Ruiqi Li, Yutong Jiang, Yuyuan Tao. China, 2023 г.) реализован подход к получению энергии от геотермальных источников. Проект содержит функцию преобразования тепла в электричество и создание льда.

Небоскрёбы поглощают тепло из трещин и превращают его в электричество, которое затем заряжается в аккумуляторные ячейки. (рис. 8) [8].

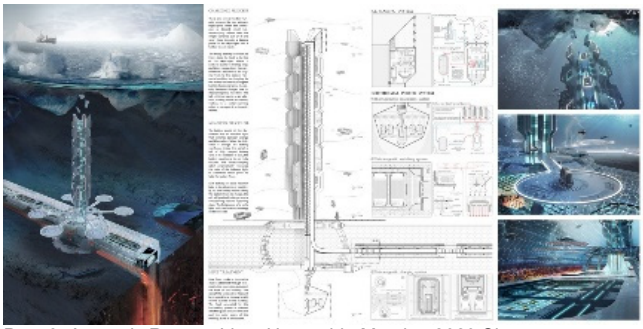


Рис. 8. Antarctic Rescue Line. Honorable Mention 2023 Skyscraper Competition

Помимо атомной энергетики в сложных природно-климатических условиях Крайнего Севера применяют и новые экспериментальные альтернативные источники энергии (АИЭ). К ним относятся осмотические электростанции и генераторы ветровой энергии.

Осмотические электростанции работают по принципу градиента солености, они берут под контроль смешивание соленой и пресной воды, тем самым генерируя энергию из увеличивающейся энтропии жидкостей.

Генераторы ветровой энергии работают по принципу преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию вращения лопастей, которая затем трансформируется в электричество при помощи генераторных установок. Согласно основной классификации ветродвигателей по принципу работы, существует три класса:

- Первый класс. Ветродвигатели у которых ось вращения имеет горизонтальное расположение, параллельное потокам ветра. Такие ветродвигатели имеют название «крыльчатые».

- Второй класс. Ветродвигатели у которых ось вращения имеет вертикальное расположение относительно ветрового колеса.

- Третий класс представляют барабанные ветродвигатели, у которых ось вращения имеет горизонтальное расположение и при этом перпендикулярна направлению ветра. Механизм работы по принципу мельничного колеса: находясь наверху, лопасть барабана воспринимает силовое воздействие ветра, игнорируя его при нижнем расположении. Преимуществом таких систем служит отсутствие необходимости в сложном механизме поворота относительно направления ветровых потоков и в более простом устройстве конструкции ротора [7].

Примером внедрения данные технологий служит проект совместной работы архитекторов из Италии и Ирана под названием «Heal-Berg: Обратная машина изменения климата» (Heal-Berg: Reverse Climate Changing Machine. Honorable Mention 2017 Skyscraper Competition Luca Beltrame, Saba Nabavi Tafreshi Italy, Iran 2017 г.). Первопричиной возникновения данной архитектурной концепции стала проблема многократного увеличения парниковых газов и фактор глобального потепления в условиях Арктического региона, приведшая к природным катаклизмам. В рамках международного проекта HEAL-BERG, церемония открытия которого состоялась 27 мая 2022 года, архитекторы Luca Beltrame и Saba Nabavi Tafreshi представили свое видение использование АИЭ при создании автономных комплексов, предназначенных для регенерации негативного воздействия антропогенной среды на природно-климатическую систему Арктики (рис. 9) [8].

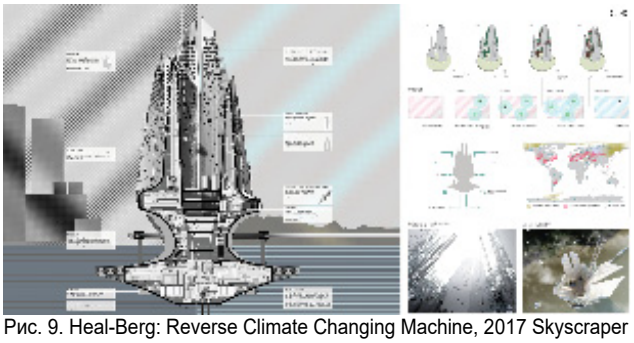


Рис. 9. Heal-Berg: Reverse Climate Changing Machine, 2017 Skyscraper Competition Honorable Mention

Данным проектом предусмотрена очищение и ректификация путем нанесения ударов установкой лазерного типа по частицам углекислого газа для последующего его преобразования в кислород (разработана Ка-

лифорнийским университетом, Дэвис). Побочно происходит охлаждение океанской воды. Энергия для данных систем вырабатывается при помощи интегрированных осмотической электростанции и генераторов ветровой энергии. Архитекторы разработали особую аэродинамическую форму зданий для концентрации направления ветровых потоков сквозь турбины. В качестве строительного материалы была предложена современная технология 3D-печати из графена, как обладающего одним из самым высоких запасом прочности при минимальном весе, с использованием извлеченного углерода в процессе преобразования CO_2 в O_2 (технология разработана в Массачусетском технологическом институте, Кембридж).

Особенностью данного архитектурно-технологического решения является его мобильность, использование высокоскоростных транспортных систем, адаптивность и унификация инженерно-конструктивных решений.

Комплексный подход к устойчивому развитию среды Арктический регионов предложила команда архитекторов из России в проекте под названием «Исследование Арктики: многофункциональный комплекс в гавани Диксона» (Exploring Arctic: Multifunctional Complex in Dikson Harbor. Honorable Mention 2015 Skyscraper Competition Nikolay Zaytsev, Elizaveta Lopatina, Russia 2015 г.). Необходимость создать комфортную рабочую и жилую среду транспортной инфраструктуры Северного морского пути подтолкнуло на трансформацию арктического хаба. Основная идея архитектурно-пространственного решения - «горизонтальное небоскреб», идейно-художественный образ которого идентичен структуре природы, земной коре, общности человеческого восприятия (рис. 10) [8].

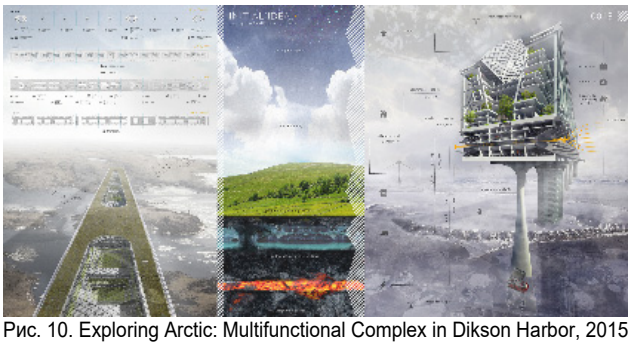


Рис. 10. Exploring Arctic: Multifunctional Complex in Dikson Harbor, 2015 Skyscraper Competition Honorable Mention

Предлагаемое здание является многофункциональным комплексом, который может заменить существующий разрушенный порт-город Диксон. Для решения вопросов энергообеспечения были рассмотрены преобладающие АИЭ в данном регионе. Мощность интегрированных ветряных и приливных электростанций может достигать 500 МВт. Обеспечение питьевой водой достигается опреснительными установками и коллекторами дождевой воды. Системы водоснабжения устроены по принципу частично замкнутого цикла (двух-трех оборотов), отработанная вода в которых используют в качестве полива элементов озеленения рекреационных пространств. Ключевая задача данного проекта, по мнению авторов, заключается в создании ключевого опорного пункта развития региона и начала всестороннего исследования Арктики.

Заключение

Исследование позволяет сделать вывод о том, что промышленная архитектура Крайнего Севера прошла сложную эволюции, обусловленную политическими и экономическими императивами, так и научно-техническим прогрессом. В эпоху советской индустриализации архитектурно-градостроительные решения северных поселений носили преимущественно утилитарный характер, ориентируясь на быстрое развертывание производственной инфраструктуры в сложнейших климатических условиях. Однако уже в 1950–1960-е годы заложены основы научного подхода к проектированию: сформированы основы климатической изоляции, компактности застройки, теплового зонирования и формирования «города в городе». Современный этап развития арктической промышленной архитектуры характеризуется переходом от массового строительства к высокотехнологичным, гибким и экологически ответственным решениям. Внедрение киберфизических систем, аддитивных технологий и конструктивных модулей позволяют значительно сократить производственные площади, оптимизировать энергопотребление и минимизировать антропогенное воздействие на арктическую экосистему. При этом сохраняется стратегическая необходимость обеспечения жизнеспособности опорных населённых пунктов посредством адаптивной регенерации инфраструктуры и диверсификации функций промышленных объектов.

Таким образом, актуальной задачей архитектурной теории и практики становится разработка подходов к формированию архитектуры промышленных комплексов на основе цифровизации и новых технологий, сочетающих технологическую эффективность, экологическую безопасность и социальную устойчивость, реализация которых позволит не только поддержать экономическую активность жизни в Арктике, но и создать комфортные условия жизнедеятельности для жителей КС в условиях глобальных климатических и геополитических вызовов.

Литература

1. Арктика в цифрах. / Факультет городского и регионального развития НИУ ВШЭ// Представительство Правительства Мурманской области. – 2024// [Электронный ресурс]. URL: https://minec.gov-murman.ru/activities/arktika-v-tsifrakh (дата обращения 30.03.2026)
2. Дмитриева А.О. Основные направления формирования архитектуры интеллектуальных фабрик // Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. / Москва. – 2022
3. Опорные населенные пункты - каркас Российской Арктики / Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики // Правительство Мурманской области – 2023 г. // [Электронный ресурс]. URL: https://minec.gov-murman.ru/about/obsch_sovet/rab/2023-god/opornye_naslennye_punkty_karkas_rossiyskoy_arktiki_final_19122023.pdf (дата обращения 09.04.2026)
4. Полуй Б. М. Архитектура и градостроительство в суровом климате (экологические аспекты): учеб. пособие для вузов. — Л.: Стройиздат, 1989. — 300 с.
5. Полуй Б. М. Основы архитектурного формообразования в суровом климате: (Экол. аспекты): Учеб. пособие / Новосибир. инж.-строит. ин-т им. В. В. Куйбышева, 1989. – 96 с.
6. Савинова В. А. Принципы формирования архитектуры научно-исследовательских объектов в условиях арктической зоны России: дис. канд. арх. (2.1.12). — М., 2024. — 147 с.
7. Сухоцкий, А. Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : курс лекций для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / А. Б. Сухоцкий, В. Н. Фарафонтов. – Минск : БГТУ, 2009. – 246 с.С.67-142 Текст : непосредственный
8. eVolo | Architecture Magazine [Электронный ресурс]. URL: https://www.evolo.us/ (дата обращения: 22.12.2025).

Modern approaches to the development of scientific and industrial industry in the conditions of the Far North.

Ilvitskaya S.V., Danchenko A.Yu., Sizova A.D.

National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", State University of Land Management

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

The article considers the evolution and modern approaches to the formation of scientific-industrial architecture in the Arctic zone of the Russian Federation (AZRF). The relevance of the work is due to the need to adapt architectural and urban planning solutions to extreme natural and climatic conditions. Key principles for the design of industrial and research facilities in the Far North have been identified. Consider the prospects of alternative energy sources and environmental methods aimed at minimizing anthropogenic impact on the Arctic ecosystem. It has been established that the modern stage is characterized by a transition from utilitarian construction to high-tech, adaptive complexes.

Keywords: Industrial architecture, the Far North, the Arctic, urban planning, climate adaptation, sustainable development, alternative energy sources, research stations, digitalization of production.

References

1. The Arctic in numbers. / Faculty of Urban and Regional Development NIU HSE// Representation of the Government of the Murmansk region. - 2024// [Electronic resource]. URL: https://minec.gov-murman.ru/activities/arktika-v-tsifrakh (application date 30.03.2026)
2. Dmitrieva A.O. The main directions of the formation of architecture of intellectual factories // Dissertation on the application for the scientific degree of a candidate of architecture. / Moscow. - 2022
3. Strongholds - Russian Arctic Framework/ Ministry of the Russian Federation for the Development of the Far East and the Arctic // Government of the Murmansk region - 2023 g. // [Electronic resource]. URL: https://minec.gov-murman.ru/about/obsch_sovet/rab/2023-god/opornye_naslennye_punkty_karkas_rossiyskoy_arktiki_final_19122023.pdf (date of conversion 09.04.2025)
4. Polui V. M. Architecture and urban planning in harsh climates (environmental aspects): study. manual for universities. - L.: Stroyizdat, 1989. - 300 p.

Технологический суверенитет как фактор реализации ESG-стратегий и достижения целей устойчивого развития

Дегтярёва Виктория Владимировна
доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры управления инновациями, Государственный университет управления, iump@mail.ru,

Ян Цзюньцзе
магистр, направление подготовки «Инноватика», кафедра управления инновациями, Государственный университет управления, yjj011219@mail.ru

В статье исследуется технологический суверенитет как стратегическое направление современной промышленной политики и важнейший элемент экономического суверенитета государства. Рассматриваются теоретические подходы к определению сущности технологического и цифрового суверенитета, их взаимосвязь с финансовым суверенитетом, иностранным инвестированием и ESG-повесткой. Обосновывается роль технологического суверенитета как условия обеспечения устойчивого развития, экономической безопасности и сохранения государственной субъектности. Особое внимание уделяется локализации производства и формированию национальных цепочек добавленной стоимости как ключевым механизмам достижения технологической независимости в условиях внешних ограничений.
Ключевые слова: технологический суверенитет, esg, устойчивое развитие, esg-принципы.

Одним из приоритетных направлений деятельности властных ведомств в любой стране выступает промышленная политика. Под промышленной политикой, отмечают В. В. Огнева и О. Р. Любкина, следует понимать совокупность усилий по «оптимизации функционирования промышленной системы», а также «реализацию стратегий целевых трансформаций основных пропорций хозяйственной системы» [6, с. 76]. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, стратегии в области промышленной политики государств могут иметь догоняющий характер, это могут быть лидирующие стратегии, мобилизационные и форсированные стратегии. При этом все они, в той или иной степени, направлены на достижение технологического суверенитета.

Устойчивой может считаться лишь такая промышленная система, которая обладает базовыми технологическими пакетами, наряду с пакетами второго порядка как связанной совокупности инновационных технологий («отечественные ноу-хау, «умные» модели и цифровые двойники, интеграция в производство цифровых платформ, формирование «умных» индустриальных производств) [6, с. 76]. Подобная двухуровневая промышленная система может указывать на достижение государством технологического суверенитета.

В основе понятия «технологический суверенитет», как очевидно, находится термин «суверенитет». Суверенитет представляет собой основополагающее политическое явление, которое представляет собой верховенство власти над определенной территорией. Суверенитет может быть государственным, национальным, народным, религиозным, духовным, культурным, технологическим, а также полным, ограниченным, поделенным, потерянным.

С 2022 г. в официальных программных и стратегических документах, публикуемых властными ведомствами Российской Федерации, особый акцент ставится на технологический суверенитет – один из компонентов экономического суверенитета; были определены отрасли, где достижение технологического суверенитета является приоритетным: авиационная, медицинская, станко-инструментальная, химическая, нефтегазовая, сельскохозяйственная, железнодорожная, машиностроительная, судостроительная, фармацевтическая, энергетическая.

Следует согласиться с Н. В. Медведевой в том, что технологическое развитие, ориентированное на достижение технологического суверенитета, реализуется посредством «синергетического потенциала двух метапроцессов (развития науки и развития производственной системы)» [4, с. 1961]. Соответственно этому автор определяет две основные формы обеспечения технологического суверенитета: 1) исследования, разработка и внедрение технологий; 2) производство высокотехнологичной продукции, основанного на данных технологиях [4, с. 1962]. В публикации Н. В. Медведевой можно отметить также и третью форму достижения технологического суверенитета – возможность получать технологии от других стран без возникновения технологической зависимости [4, с. 1962].

Е. В. Давыденко, учитывая множественность и вариативность дефиниций понятия «технологический суверенитет», предполагает объединить существующие интерпретации с целью конструирования более точной и корректной дефиниции. Технологический суверенитет Е. В. Давыденко определяет как «способность макроэкономической системы обеспечивать потребности своих хозяйствующих субъектов в технологиях, созданных отечественными производителями или совместно на паритетных началах с экономическими субъектами из «дружественных» государств, предлагать конкурентоспособные на внутреннем и мировом рынках инновационные товары и услуги» [2, с. 2090].

Концепция технологического суверенитета была в очередной раз актуализирована в тексте проекта федерального закона «О технологической политике в Российской Федерации», представленного в 2023 г. Правительством Российской Федерации. Законодатель предложил альтернативный путь достижения технологического суверенитета страны (вместо постепенного и поступательного технологического развития): введение специальных правовых режимов, исключающих отдельные аспекты из общего регулирования для ускорения разработки технологий и обеспечения трансформаций в приоритетных отраслях [3, с. 166].

В современной научно-правовом и политико-экономическом дискурсе понятие «технологический суверенитет» все чаще отождествляется с понятием «цифровой суверенитет», что, в свою очередь, отражает усиливающуюся роль информационно-коммуникационных технологий как базового элемента национальной технологической независимости.

Обеспечение технологического суверенитета в информационной сфере предполагает снижение импортозависимости и развитие собственной информационной инфраструктуры, включая программное обеспечение, аппаратные средства и средства защиты информации. Данная политика уже реализуется на данный момент посредством механизмов протекционизма и импортозамещения, направленных на стимулирование отечественного производства ИКТ-продукции и сокращение доли зарубежных технологических решений.

Указанные меры способствуют повышению конкурентоспособности национальной цифровой продукции, росту занятости в высокотехнологичных секторах экономики, а также укреплению экономической устойчивости государства. Одновременно формирование собственной технологической базы позволяет обеспечить защиту критически важной информации и снизить риски утечки данных при использовании иностранной инфраструктуры.

Согласимся с А. В. Дубнем в том, что в условиях цифровой трансформации сохраняется проблема отсутствия нормативно закреплённых дефиниций «технологический суверенитет» и «цифровой суверенитет», несмотря на их ключевое значение для обеспечения информационной безопасности. В ряде стратегических документов данные категории используются, однако их содержательное правовое определение остается недостаточно конкретизированным, что создает определённые пробелы в правовом регулировании [3, с. 169].

О. В. Андреева – один из немногих исследователей в отечественной науке, кто высказал умозаключение о том, что в современных условиях глобальной экономики технологический суверенитет необходимо рассматривать в тесной взаимосвязи с финансовым суверенитетом, поскольку их синергия выступает ключевым фактором долгосрочного сохранения экономической и политической субъектности государства. Одновременно усиливается корреляция обеих категорий с механизмами иностранного инвестирования и внедрением ESG-подходов.

Искусственное стимулирование инноваций без учёта текущей инвестиционной повестки, как указывает автор, не обеспечивает устойчивого научно-технологического развития. Напротив, более результативной является эволюционная модель инновационного развития, основанная на ресурсосбережении, формировании инновационной культуры и снижении конвенционального поведения экономических акторов. В этих условиях инновации приобретают характер не внешне навязанного процесса, а внутренне обусловленного механизма повышения эффективности производства.

Финансовый суверенитет в данном контексте обеспечивает устойчивость национальной финансовой системы ко внешним шокам и ограничениям доступа к капиталу, тогда как технологический суверенитет формирует способность к самостоятельному воспроизводству критически важных технологий. Иностранные инвестиции и ESG-стандарты при этом выступают как внешние регуляторы, способные стимулировать технологическую модернизацию [1, с. 134].

Технологический суверенитет, пишет Н. В. Медведева, имеет относительный, а не абсолютный характер. В этой связи достижение суверенитета интерпретируется как обеспечение оптимального уровня автономности, выраженного через минимально допустимые пороговые значения критически значимых технологических показателей. Технологический суверенитет рассматривается как динамическая категория, поддерживаемая системой технологических приоритетов, включающей критические и сквозные технологии. Их регулярная актуализация обеспечивает возможность корректировки траектории технологического развития и поддержания суверенитета на уровне, достаточном для обеспечения национальной безопасности в условиях глобальной технологической зависимости [5, с. 94].

Технологический суверенитет и устойчивое развитие государства находятся в тесной функциональной взаимосвязи, поскольку первый выступает инструментальным условием достижения второго (Таблица 1).

Таблица 1
Взаимосвязь технологического суверенитета и устойчивого развития государства

Аспект	Содержание
Экономический	Технологический суверенитет снижает зависимость национальной экономики от внешних технологических цепочек и внешнеэкономических риск-факторов. Данное обстоятельство повышает устойчивость производственных систем к санкционным и логистическим ограничениям; внутреннюю добавленную стоимость за счёт локализации высокотехнологичных производств; инновационный рост посредством развития национальных R&D-экосистем. В результате формируется эндогенная, устойчивая и суверенная модель экономического роста, менее уязвимая к глобальным рискам.
Социальный	Развитие собственных технологий способствует: созданию квалифицированных рабочих мест в наукоёмких секторах; снижению технологического неравенства между регионами; укреплению человеческого капитала через развитие образования, инженерных компетенций и научных школ.
Экологический	Суверенные технологические компетенции позволяют государству внедрять: «зелёные» технологии (возобновляемая энергетика, низкоуглеродные материалы); системы экологического мониторинга на базе отечественных цифровых платформ; энергоэффективные промышленные решения. Это способствует снижению экологического давления и переходу к модели устойчивой ресурсной эффективности.
Институционально-стратегический	Технологический суверенитет усиливает стратегическую автономию государства, позволяя: формировать долгосрочную промышленную и научно-техническую политику; снижать риски технологической зависимости; обеспечивать национальную безопасность в кибер- и информационной сферах.

Таким образом, технологический суверенитет выступает системным условием устойчивого развития, поскольку обеспечивает государству контроль над ключевыми технологическими ресурсами, повышает экономическую устойчивость, укрепляет социальную структуру и способствует экологической трансформации. Иными словами, он формирует институциональную и технологическую базу для долгосрочного сбалансированного развития национальной системы.

Как отмечено выше, технологический суверенитет в ряде случаев может достигаться через импорт технологий, но, тем не менее, практика последних лет демонстрирует нестабильность данной модели вследствие внешних ограничений и разрывов глобальных цепочек поставок. В этой связи усиливается значимость иного подхода как более устойчивого механизма обеспечения технологической автономии.

Авторская позиция заключается в необходимости расширенной оценки локализации производства, формирующие критическую технологическую экосистему. Такой подход позволяет рассматривать локализацию как системный процесс формирования национальных цепочек добавленной стоимости, обеспечивающих достижение экономических, социальных и экологических эффектов в логике устойчивого развития [7, с. 184].

В высокотехнологичных секторах локализация производства выступает инструментом ресурсной эффективности и перехода к циркулярным моделям производства, а также способствует развитию сетевого взаимодействия стейкхолдеров и формированию эффекта саморазвивающихся производственных систем. Ее результатами становятся повышение технологического уровня продукции, развитие экспортного потенциала и создание новых высококвалифицированных рабочих мест. Таким образом, локализация представляет собой многоуровневый и поэтапный процесс, ориентированный на формирование национально и устойчивых производств, где для критически значимых товаров целевым ориентиром выступает полное импортозамещение и потенциальная экспортная конкурентоспособность.

Таким образом, проведенное исследование позволяет прийти к следующим выводам:

– Промышленная политика выступает ключевым инструментом обеспечения технологического суверенитета, поскольку именно через механизмы структурной модернизации, поддержки приоритетных отраслей и стимулирования инновационной активности государство формирует условия для технологической независимости и долгосрочной экономической устойчивости.

– Технологический суверенитет является одной из функциональных форм экономического суверенитета, обеспечивающей способность государства самостоятельно воспроизводить критически важные технологии и сохранять контроль над стратегическими направлениями научно-технологического развития. В современных условиях данная категория приобретает статус одного из центральных ориентиров государственной политики.

– В научном и нормативном дискурсе наблюдается сближение понятий технологического и цифрового суверенитета, что обусловлено возрастающей ролью информационно-коммуникационных технологий, цифровой инфраструктуры и данных в обеспечении национальной технологической независимости.

– Достижение технологического суверенитета невозможно рассматривать изолированно от финансового суверенитета. Устойчивое технологическое развитие требует наличия финансовых механизмов, способных обеспечивать инвестиции в научно-технические разработки, модернизацию производства и реализацию долгосрочных инновационных проектов.

– ESG-подход оказывает влияние на технологический суверенитет. Он способствует привлечению капитала, технологий и инвестиций.

– Технологический суверенитет выступает необходимым условием устойчивого развития государства, поскольку способствует достижению экономической устойчивости, повышению конкурентоспособности национальной экономики, созданию высококвалифицированных рабочих мест и укреплению национальной безопасности.

– В условиях усиления геоэкономической нестабильности возрастает значение локализации производства как инструмента достижения технологического суверенитета. При этом объектом локализации должны выступать не только основные производственные процессы, но и смежные отрасли, формирующие критическую технологическую экосистему.

Литература

1. Андреева, О. В. Технологический и финансовый суверенитет Российской Федерации: проблемы, противоречия, механизм обеспечения / О. В. Андреева // JER. – 2014. – № 4. – С. 126–135.
2. Давыденко, Е. В. Технологический суверенитет Российской Федерации в контексте привлечения прямых иностранных инвестиций / Е. В. Давыденко // КЭ. – 2024. – № 8. – С. 2085–2100.
3. Дубень, А. К. Технологический суверенитет как основа национальной безопасности Российской Федерации / А. К. Дубень // Вопросы безопасности. – 2023. – № 4. – С. 166–172.
4. Медведева, Н. В. Концепция технологического развития России: намерения реализации / Н. В. Медведева // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – № 4. – С. 1957–1972.
5. Медведева, Н. В. Подходы к оценке достижения технологического суверенитета / Н. В. Медведева // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – № 1. – С. 91–104.
6. Огнева, В. В. Промышленная политика современной России и технологический суверенитет: концептуализация понятий / В. В. Огнева, О. Р. Любкина // Среднерусский вестник общественных наук. – 2025. – № 1. – С. 73–91.
7. Сорокин, Д. Д. Локализация производства высокотехнологичных отраслей российской промышленности: основные направления развития, содержание понятия / Д. Д. Сорокин, Л. А. Костыгова // Проблемы экономики и юридической практики. – 2024. – № 4. – С. 184–190.

Technological sovereignty as a factor in the implementation of esg strategies and the achievement of sustainable development goals

Degtyareva V.V., Yang Junjie

National University of Management

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

This article explains technological sovereignty as a strategic direction of modern industrial policy and a crucial element of state economic sovereignty. Theoretical approaches to defining the essence of technological and digital sovereignty, their relationship with financial sovereignty, foreign investment, and the ESG concept are described. The role of technological sovereignty in ensuring sustainable development, economic security, and the preservation of state agency is substantiated. Particular attention is paid to the localization of production and the formation of national value chains as key mechanisms for achieving technological independence in the face of external constraints.

Keywords: technological sovereignty, esg, sustainable development, esg principlesю.

References

1. Andreeva, O. V. Technological and Financial Sovereignty of the Russian Federation: Problems, Contradictions, and Mechanism of Ensuring it / O. V. Andreeva // JER. - 2014. - No. 4. - Pp. 126-135.
2. Davydenko, E. V. Technological Sovereignty of the Russian Federation in the Context of Attracting Foreign Direct Investment / E. V. Davydenko // KE. - 2024. - No. 8. - Pp. 2085-2100.
3. Duben, A. K. Technological Sovereignty as the Basis of National Security of the Russian Federation / A. K. Duben // Security Issues. - 2023. - No. 4. - Pp. 166-172.
4. Medvedeva, N. V. The Concept of Technological Development of Russia: Implementation Intentions / N. V. Medvedeva // Issues of Innovative Economics. - 2023. - No. 4. - Pp. 1957-1972.
5. Medvedeva, N. V. Approaches to Assessing the Achievement of Technological Sovereignty / N. V. Medvedeva // Issues of Innovative Economics. - 2024. - No. 1. - Pp. 91-104.
6. Ogneva, V. V. Industrial Policy of Modern Russia and Technological Sovereignty: Conceptualization of Concepts / V. V. Ogneva, O. R. Lyubkina // Central Russian Bulletin of Social Sciences. - 2025. - No. 1. - Pp. 73-91.
7. Sorokin, D. D. Localization of production of high-tech sectors of the Russian industry: main directions of development, content of the concept / D. D. Sorokin, L. A. Kostygova // Problems of Economics and Legal Practice. - 2024. - No. 4. - P. 184-190.

Методологический подход к оценке коммерческой привлекательности мусороперерабатывающих электростанций в условиях перехода к циркулярной экономике

Халидов Ибрагим Арбиевич
д.э.н., доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Khalidov.i@mail.ru,

Ефимкина Мария Сергеевна
бакалавр, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Efimkina811@gmail.com

В статье предложен трёхконтурный методологический подход к оценке коммерческой привлекательности мусороперерабатывающих электростанций (Waste-to-Energy) в условиях перехода к циркулярной экономике. Актуальность обусловлена разрывом между целевыми ориентирами РФ (сортировка 100% ТКО к 2030 г.) и фактическим захоронением 85,2% отходов. Показано, что коммерческая устойчивость WtE-проекта определяется не продажей электроэнергии, а многоканальной структурой доходов: плата за приём отходов (gate fee), продажа тепла, платежи за мощность. На основе расчётного примера установлено, что снижение gate fee на 10% переводит чистую приведённую стоимость (NPV) в отрицательную зону, а отсутствие теплосбыта делает проект убыточным. Сделан вывод: инвестиционная привлекательность МПЭС в России достигается только при сочетании гарантированной загрузки, экономически обоснованного gate fee, продажи тепла и долгосрочного механизма возврата капитала.

Ключевые слова: циркулярная экономика, Waste-to-Energy, мусороперерабатывающая электростанция, инвестиционная привлекательность, gate fee, чувствительность проекта, теплосбыт, ставка дисконтирования, NPV, IRR, твёрдые коммунальные отходы.

Введение

Переход к циркулярной экономике в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами предполагает отказ от линейной модели «производство – потребление – захоронение» и формирование системы, в которой отходы рассматриваются как источник вторичных ресурсов, энергии и экономической стоимости. В этой логике Waste-to-Energy не заменяет переработку, а применяется для остаточного потока после сортировки и отбора вторичного сырья. Однако экологическая обоснованность WtE не гарантирует его коммерческой успешности: мусороперерабатывающая электростанция является капиталоемким инфраструктурным объектом, доходность которого зависит от состава отходов, загрузки мощности, стоимости капитала, тарифных условий, платы за прием отходов и возможности продажи тепла.

Мировая актуальность проблемы усиливается ростом образования муниципальных отходов. По данным UNEP Global Waste Management Outlook 2024, глобальный объем муниципальных отходов может увеличиться с 2,1 млрд т в 2023 г. до 3,8 млрд т к 2050 г., а совокупные ежегодные затраты при сохранении инерционной модели обращения с отходами могут достигнуть 640,3 млрд долл. США [1]. Для России проблема особенно значима: в 2024 г. было образовано 47,5 млн т ТКО, обработка достигла 53,3%, утилизация – 8,2%, при этом 85,2% отходов по-прежнему направлялось на полигоны [2]. На фоне целевых ориентиров к 2030 г. – сортировка 100% ежегодно образуемых ТКО, захоронение не более 50% и вовлечение в хозяйственный оборот не менее 25% отходов производства и потребления [3] – возникает необходимость не только технологической, но и инвестиционной оценки WtE-проектов.

Цель статьи – сформировать методологический подход к оценке коммерческой привлекательности мусороперерабатывающих электростанций в условиях перехода к циркулярной экономике и показать, какие параметры определяют инвестиционную устойчивость WtE-проектов в российских условиях.

Для достижения цели поставлены следующие задачи: определить место WtE в модели циркулярной экономики; раскрыть структуру бизнес-модели МПЭС; выделить ключевые факторы инвестиционной привлекательности проекта; предложить расчетный подход к оценке чувствительности проекта к изменению gate fee, теплосбыта и ставки дисконтирования; определить условия переноса зарубежного опыта на российскую практику.

В отличие от традиционных работ, где акцент делается на экологической эффективности, настоящая статья концентрируется на финансовой и контрактной архитектуре WtE-проектов, предлагая практический инструмент для инвесторов, региональных операторов и органов власти.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено с использованием методов системного анализа, сравнительного анализа, инвестиционного анализа (NPV, IRR, дисконтированный срок окупаемости) и сценарного моделирования. Отличительной особенностью работы является трёхконтурная схема оценки, объединяющая финансовый, инфраструктурно-контрактный и риск-аналитический контуры.

Исходные данные разделены на три группы: (1) российская статистика обращения с ТКО (Росприроднадзор, форма 2-ТП за 2024 г., плановые показатели до 2030 г.); (2) технологические и экономические параметры типового WtE-объекта – мощность 700 тыс. т отходов в год, выработка 520 млн кВт·ч электроэнергии (по данным завода «РТ-Инвест» в Московской области); (3) удельные показатели CAPEX (45 тыс. руб./т годовой мощности) и OPEX (2 тыс. руб./т), принятые по результатам модели для Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Vartiainen, 2022). Ставка дисконтирования в базовом сценарии – 8%, горизонт расчёта – 25 лет.

Ограничения применённого подхода: модель построена в постоянных ценах, не учитывает инфляцию, налог на прибыль, амортизационный налоговый щит и возможные экстерналии (предотвращённый ущерб от сокращения захоронения). Основная цель – демонстрация чувствительности NPV к ключевым параметрам бизнес-модели.

WtE в циркулярной экономике: от экологической функции к инвестиционной модели

В циркулярной экономике WtE не является заменой повторного использования и переработки. Его рациональная область применения – остаточный поток после сортировки и отбора вторичного сырья. Если на энергетическую утилизацию направляется смешанный поток без предварительного отбора ценных фракций, проект может вступать в противоречие с логикой экономики замкнутого цикла. Если же МПЭС работает с «хвостами» сортировки, она выполняет иную функцию: снижает объем захоронения, извлекает энергию из остаточного потока и сокращает экологическую нагрузку полигонного размещения.

С инвестиционной точки зрения WtE-проект отличается от традиционной электростанции тем, что его сырьевая база является не покупаемым топливом, а коммунальным потоком отходов, требующим обезвреживания. Поэтому к обычным энергетическим параметрам добавляются морфология отходов, нижняя теплота сгорания, влажность, зольность, стоимость газоочистки, плата за прием отходов и требования к обращению с золошлаковыми остатками. Высокая доля пищевых и иных влажных органических компонентов снижает теплотворную способность и увеличивает OPEX, тогда как бумага, картон, древесина, текстиль и пластики формируют высококалорийную часть потока, пригодную для производства RDF/SRF. Следовательно, инвестиционная привлекательность WtE определяется не только технологией, но и всей цепочкой создания стоимости: сортировка – подготовка остаточного потока – энергетическая утилизация – продажа энергии и тепла – обращение с остатками.

Бизнес-модель мусороперерабатывающей электростанции

Бизнес-модель МПЭС может быть представлена как совокупность четырех блоков: входящий поток, технологическая переработка, структура выручки и распределение рисков. Входящий поток включает остаточные ТКО после сортировки, RDF/SRF или иные фракции, непригодные для вторичной переработки. Технологический блок включает прием отходов, термическую обработку, котел-утилизатор, турбогенератор, систему газоочистки и блок обращения с золой. Структура выручки формируется за счет платы за прием отходов, продажи электроэнергии, продажи тепла, платы за мощность, возможной реализации металлов и иных остаточных продуктов. Распределение рисков зависит от модели финансирования: концессии, государственно-частного партнерства, корпоративного проекта или проекта с поддержкой институтов развития.

Российский кейс «РТ-Инвест» показателен тем, что российские WtE-проекты переходят от стадии проектирования к промышленной эксплуатации. Завод в Московской области рассчитан на переработку до 700 тыс. т отходов в год и выработку до 520 млн кВт·ч электроэнергии. Важным является то, что до поступления на завод отходы проходят обязательную сортировку и отбор вто-ричных материальных ресурсов [7]. Это соответствует корректной логике цирку-лярной экономики: энергетической утилизации подлежит не весь поток ТКО, а остаточная часть, не пригодная для вторичного использования.

При этом российская практика выявляет ключевое ограничение: продажа электроэнергии сама по себе недостаточна для уверенной окупаемости таких объектов. МПЭС требует значительных капитальных вложений, сложной систе-мы экологической защиты и долгого горизонта возврата инвестиций. Поэтому проект должен рассматриваться как комбинированный инфраструктурно-энергетический актив, где коммерческая устойчивость достигается через сочета-ние нескольких источников дохода.

Коммерческая устойчивость МПЭС формируется на пересечении трех ло-гик. Коммунальная логика обеспечивает стабильный поток отходов и плату за их прием; энергетическая логика формирует выручку от электроэнергии, тепла и мощности; инвестиционная логика определяет CAPEX, стоимость заемного ка-питала (WACC), срок окупаемости и распределение рисков между государством и инвестором. Поэтому для инвестора и банка критически важны не только тех-нологические параметры объекта, но и долгосрочные договоры на поставку от-ходов, теплофикационный контракт и механизм возврата капитальных вложений.

Таблица 1 отражает основные факторы, которые должны учитываться при оценке коммерческой привлекательности МПЭС.

Таблица 1
Факторы коммерческой привлекательности WtE-проекта

Группа факторов	Содержание фактора	Влияние на коммерческую привлекательность
Сырьевой поток	Объем ТКО, доля остаточных фракций, влажность, теплотворная способность	Определяет загрузку мощности, стабильность горения, OPEX и объем выработки энергии
Тарифно-доходный блок	Gate fee, цена электроэнергии, тариф на тепло, плата за мощность	Формирует основной денежный поток проекта
Инвестиционный блок	CAPEX, стоимость заемного капитала, доля локализованного оборудования	Определяет потребность в финансировании и срок окупаемости
Эксплуатационный блок	OPEX, стоимость реагентов, газоочистки, ремонта, обращения с золой	Влияет на маржинальность проекта и устойчивость к росту экологических требований
Институциональный блок	ДПМ, концессия, ГЧП, поддержка ВЭБ.РФ или иных институтов развития	Снижает риск недополучения выручки и повышает банковскую привлекательность проекта
Рыночный блок	Наличие теплового потребителя, промышленная зона, спрос на «зеленую» энергию	Повышает диверсификацию доходов и снижает зависимость от одного тарифа
Риск-блок	Валютный риск, регуляторный риск, общественное принятие, технологические задержки	Может увеличить стоимость проекта и сроки выхода на проектную мощность

Источник: составлено авторами.

Таким образом, бизнес-модель МПЭС не сводится к набору технологических параметров. Для инвестора и банка критически важны не столько мегаватты, сколько долгосрочные договоры на поставку отходов, теплофикационный контракт и механизм возврата CAPEX (например, договоры предоставления мощности). Без этих элементов даже экологически совершенный проект остаётся финансово уязвимым.

Методологический подход к оценке коммерческой привлекательности

Оценка коммерческой привлекательности мусороперерабатывающей электростанции должна строиться не как простое сопоставление капитальных затрат и ожидаемой выручки, а как анализ способности проекта формировать устойчивый денежный поток на протяжении всего жизненного цикла. Это связано с тем, что МПЭС относится к капиталоемким инфраструктурным объектам: основные инвестиции осуществляются до начала эксплуатации, а возврат вложенного капитала происходит постепенно, в течение длительного периода, через несколько каналов дохода. Поэтому базовым инструментом оценки является метод дисконтированных денежных потоков, позволяющий привести будущие доходы и расходы проекта к текущему моменту времени.

Применение дисконтирования обусловлено тем, что денежные потоки WtE-проекта распределены во времени неравномерно. На начальном этапе формируются значительные капитальные затраты на строительство, технологическое оборудование, системы газоочистки, подключение к энергетической и коммунальной инфраструктуре. На эксплуатационном этапе проект получает выручку от приема отходов, продажи электроэнергии, тепла, мощности и, в отдельных случаях, от реализации вторичных компонентов. Следовательно, для инвестора важна не номинальная сумма будущих поступлений, а их текущая стоимость с учетом стоимости капитала, инфляции, проектных рисков и альтернативной доходности.

В общем виде чистая приведенная стоимость проекта определяется по формуле:

$$NPV = -IC + \sum \frac{CFt}{(1+r)^t}$$

где NPV - чистая приведенная стоимость проекта;

IC - первоначальные инвестиционные затраты;

CFt - чистый денежный поток проекта в период t;

r - ставка дисконтирования;

t - номер расчетного периода;

n - горизонт расчета проекта.

Для WtE-проектов классическая формула NPV должна быть адаптирована: денежный поток CFt формируется не однородно, а складывается из четырёх существенно разных компонентов – коммунального, энергетического, теплового и инвестиционно-контрактного. Поэтому недостаточно рассчитать NPV один раз; необходим анализ чувствительности по каждому из этих компонентов. Поэтому коммерческая привлекательность МПЭС определяется не только продажей электроэнергии, но и платой за прием отходов, возможностью реализации тепла, наличием платежей за мощность, стоимостью экологической инфраструктуры и стабильностью входящего потока ТКО.

В укрупненном виде чистый денежный поток МПЭС может быть представлен как разница между совокупными денежными поступлениями и операционными затратами:

$$CFt = Rt - OPEXt$$

где Rt - совокупная выручка проекта в период t;

OPEXt - операционные затраты проекта в период t.

Такое представление используется для методической оценки ключевых факторов инвестиционной устойчивости. В полной финансовой мо-

дели дополнительно должны учитываться налоговые платежи, амортизация, график заемного финансирования, проценты по кредитам, возможные субсидии, индексация тарифов, инфляция и ликвидационная стоимость объекта. Однако для целей данной статьи важно показать прежде всего логику формирования денежного потока WtE-проекта.

Совокупная выручка мусороперерабатывающей электростанции может быть раскрыта следующим образом:

$$Rt = Qwt * GFt + EIt * Pet + Ht * Pht + Capt + Rest$$

где Qwt - объем отходов, принятых на энергетическую утилизацию, т;

GFt - плата за прием отходов, или gate fee, руб./т;

Elt - объем отпущенной электроэнергии, кВт·ч;

Pet - цена реализации электроэнергии, руб./кВт·ч;

Ht - объем отпущенной тепловой энергии, Гкал;

Pht - тариф или цена реализации тепловой энергии, руб./Гкал;

Capt - платежи за мощность или иной долгосрочный механизм возврата капитальных затрат;

Rest - прочие доходы, включая реализацию извлеченных металлов, вторичных компонентов, золошлаковых материалов, сертификатов происхождения электроэнергии или иных экологических инструментов при наличии соответствующего рынка.

Представленная структура показывает, что МПЭС совмещает энергетическую и коммунальную функции, поэтому ее денежный поток формируется не только продажей электроэнергии, но и платежами за обращение с остаточным потоком отходов. При отсутствии gate fee, теплосбыта или платежей за мощность проект становится чрезмерно зависимым от рыночной цены электроэнергии и фактической загрузки оборудования.

Операционные затраты WtE-проекта также имеют специфическую структуру. Они включают не только стандартные расходы на персонал, ремонт и обслуживание оборудования, но и затраты на реагенты для газоочистки, экологический мониторинг, обращение с золой и шлаком, техническое обслуживание котла-утилизатора, турбогенератора, автоматизированных систем контроля выбросов, а также расходы, связанные с подготовкой и усреднением отходов. В общем виде операционные затраты могут быть представлены следующим образом:

$$OPEXt = Qwt * Cop + Cenv + Cres + Crep + Creps$$

где Cop,t - удельные эксплуатационные затраты на переработку 1 т отходов;

Cenv,t - затраты на экологический контроль и газоочистку;

Cres,t - затраты на обращение с золой, шлаком и иными остатками;

Crep,t - затраты на ремонт и техническое обслуживание;

Cpers,t - затраты на персонал и административное сопровождение.

Включение этих затрат принципиально важно, поскольку качество входящего потока ТКО напрямую влияет на экономику проекта: влажные органические фракции снижают теплотворную способность и повышают OPEX, тогда как высококалорийные фракции увеличивают энергетический потенциал, но требуют строгого экологического контроля.

Ставка дисконтирования в модели отражает требуемую доходность капитала с учетом риска проекта. Для капиталоемких инфраструктурных объектов она имеет критическое значение: чем выше стоимость капитала, тем ниже текущая стоимость будущих денежных потоков. В практической оценке ставка дисконтирования может определяться через средневзвешенную стоимость капитала:

$$WACC = \frac{E}{(D+E)} * Re + \frac{D}{(D+E)} * Rd * (1-T)$$

где E - собственный капитал;

D - заемный капитал;

Re - требуемая доходность собственного капитала;

Rd - стоимость заемного капитала;

T - ставка налога на прибыль.

Для WtE-проектов показатель WACC особенно важен, поскольку срок окупаемости таких объектов обычно является длительным, а капитальные затраты значительны. Один и тот же проект может быть коммерчески приемлемым при наличии льготного финансирования, долгосрочного платежного механизма и гарантированной загрузки, но становиться инвестиционно неустойчивым при росте стоимости заемного капитала, снижении gate fee или отсутствии теплосбыта.

В расчетном примере ставка дисконтирования 8% рассматривается как сценарий с государственной поддержкой или льготным финансированием. При рыночном заемном финансировании ставка дисконтирования может быть выше, особенно в условиях высокой ключевой ставки и повышенной премии за инфраструктурный риск. Поэтому рост ставки на 3 п.п. используется как стресс-сценарий, показывающий чувствительность WtE-проекта к стоимости капитала.

В дополнение к NPV используется показатель внутренней нормы доходности. Он определяется как такая ставка дисконтирования, при которой чистая приведенная стоимость проекта равна нулю:

NPV = 0 при r = IRR.

Иными словами, IRR показывает предельную доходность проекта. Если IRR выше стоимости капитала или требуемой доходности инвестора, проект может рассматриваться как коммерчески приемлемый. Если IRR ниже стоимости капитала, проект не обеспечивает достаточного возврата вложений.

Однако для МПЭС расчет только NPV и IRR недостаточен. Проект может иметь положительный NPV в базовом сценарии, но быстро терять устойчивость при изменении нескольких параметров. Поэтому методологический подход должен включать анализ чувствительности. Для WtE-проекта наиболее значимыми являются три группы факторов: размер gate fee, наличие тепловой выручки и ставка дисконтирования. Gate fee формирует базовый доходный поток, связанный с коммунальной функцией проекта; теплосбыт повышает общую энергетическую эффективность и снижает зависимость от продажи электроэнергии; ставка дисконтирования отражает стоимость капитала и уровень инвестиционного риска.

С учетом изложенного оценку коммерческой привлекательности МПЭС целесообразно проводить в рамках трех взаимосвязанных контуров.

- Финансовый контур включает NPV, IRR, дисконтированный срок окупаемости и операционный денежный поток.
- Инфраструктурно-контрактный контур оценивает наличие долгосрочных договоров на поставку отходов, продажу электроэнергии и тепла, платежи за мощность, концессию или ГЧП.
- Риск-аналитический контур проверяет устойчивость проекта к недозагрузке, изменению морфологии отходов, росту CAPEX и OPEX, снижению gate fee, отсутствию теплосбыта и удорожанию капитала.

Анализ чувствительности связывает эти контуры и показывает, при каком изменении ключевых параметров положительный NPV переходит в отрицательную зону.

Таким образом, предложенный методологический подход основан на адаптации классической модели дисконтированных денежных потоков к отраслевой специфике мусороперерабатывающих электростанций. Коммерческая привлекательность МПЭС определяется не только объемом капитальных вложений и ценой электроэнергии, а всей системой денежных потоков и рисков: платой за прием отходов, продажей электроэнергии и тепла, платежами за мощность, эксплуатационными затратами, контрактной устойчивостью, стоимостью капитала и качеством входящего потока ТКО. Такой подход позволяет оценивать WtE-проект как комплексный инфраструктурно-энергетический актив, встроенный в систему циркулярной экономики.

Рисунок 1 – Методологическая схема оценки коммерческой привлекательности WtE-проекта
Источник: составлено авторами.

Расчетный пример оценки чувствительности проекта

Для проверки практической применимости предложенного подхода рассмотрим расчетный пример, основанный на параметрах крупного WtE-объекта. В качестве технологического ориентира используется мощность завода энергетической утилизации отходов в Московской области: до 700 тыс. т отходов в год и до 520 млн кВт·ч электроэнергии ежегодно [7]. Расчет не является финансовой моделью конкретного предприятия «РТ-Инвест», поскольку фактические CAPEX, структура финансирования, тарифные соглашения, условия платежей за мощность и коммерческие договоры публично раскрыты не полностью. Поэтому

цель примера состоит не в оценке конкретного актива, а в демонстрации чувствительности WtE-проекта к ключевым параметрам бизнес-модели.

В соответствии с предложенной выше формулой совокупная выручка МПЭС может включать плату за прием отходов, продажу электроэнергии, продажу тепла, платежи за мощность и прочие доходы. Однако в расчетном примере учитываются только три наиболее прозрачных и методически проверяемых компонента: gate fee, выручка от электроэнергии и условная тепловая выручка. Платежи за мощность и прочие доходы не включаются, чтобы не завышать результат при отсутствии открытых данных по их фактическому размеру. Таким образом, расчетная выручка принимает вид:

$$Rt = Rgf + Rel + Rh$$

где Rgf,t - выручка от платы за прием отходов; Rel,t - выручка от продажи электроэнергии; Rh,t - выручка от продажи тепла.

В качестве методических допущений приняты следующие параметры: годовой объем отходов - 700 тыс. т; годовая выработка электроэнергии - 520 млн кВт·ч; расчетная цена реализации электроэнергии - 3,5 руб./кВт·ч; gate fee - 1800 руб./т; удельный CAPEX - 45 тыс. руб. на 1 т годовой мощности; OPEX - 2000 руб./т; горизонт расчета - 25 лет; ставка дисконтирования в базовом сценарии - 8%. Удельные значения CAPEX, OPEX и gate fee использованы как расчетный ориентир на основе модели WtE-проекта для Санкт-Петербурга и Ленинградской области [6].

Выручка от продажи электроэнергии составляет:

Rel = 520 млн кВт·ч * 3,5 руб./кВт·ч = 1,82 млрд руб.

Выручка от gate fee составляет:

Rgf = 700 тыс. т * 1800 руб./т = 1,26 млрд руб.

Совокупная выручка без учета тепла равна 3,08 млрд руб. Если принять, что тепловая выручка формирует 30% совокупной операционной выручки, то общий объем выручки определяется как:

Rt = (Rgf + Rel) / 0,70 = 3,08 / 0,70 = 4,40 млрд руб.

Операционные затраты в укрупненном виде определяются через удельный показатель переработки 1 т отходов:

OPEXt = 700 тыс. т * 2000 руб./т = 1,40 млрд руб.

Следовательно, расчетный годовой денежный поток до налогов и финансовых расходов составляет:

CFt = Rt - OPEXt = 4,40 - 1,40 = 3,00 млрд руб.

Капитальные затраты определяются через удельный CAPEX:

IC = 700 тыс. т * 45 тыс. руб./т = 31,50 млрд руб.

Поскольку расчет носит методический характер, принято допущение о постоянном годовом денежном потоке в течение расчетного периода. Тогда NPV может быть рассчитан через коэффициент текущей стоимости аннуитета:

$$NPV = -IC + CF * K(r, n)$$

где:

$K(r, n) = [1 - (1 + r)^{(-n)}] / r$.

При ставке дисконтирования 8% и горизонте 25 лет коэффициент текущей стоимости аннуитета составляет 10,675. Следовательно, в базовом сценарии:

NPV = -31,50 + 3,00 * 10,675 = 0,53 млрд руб.

Полученное значение показывает, что при заданных допущениях проект находится в зоне минимального положительного запаса инвестиционной устойчивости. Это означает, что даже умеренное ухудшение ключевых параметров может привести к отрицательному NPV.

Таблица 2
Чувствительность расчетного NPV WtE-проекта

Сценарий	Основное изменение	Расчетный NPV, млрд руб.	Вывод
Базовый сценарий	Gate fee 1800 руб./т; есть теплосбыт; ставка 8%	+0,5	Проект имеет минимальный положительный запас инвестиционной устойчивости
Без продажи тепла	Rh,t = 0	-13,6	Отсутствие тепловой выручки делает проект коммерчески неустойчивым
Снижение gate fee на 10%	Gate fee снижается до 1620 руб./т	-0,8	Уменьшение платы за прием отходов переводит NPV в отрицательную зону
Рост ставки дисконтирования на 3 п.п.	r увеличивается до 11%	-6,2	Удорожание капитала резко снижает текущую стоимость будущих потоков
Комбинированный стресс-сценарий	Gate fee -10%; ставка 11%	-7,3	Совмещение тарифного и финансового риска делает проект инвестиционно неустойчивым

Источник: рассчитано авторами.

Полученные результаты подтверждают логику предложенной методики. При заданных допущениях базовый сценарий имеет минимальный положительный запас инвестиционной устойчивости: NPV составляет 0,53 млрд руб. Отсутствие тепловой выручки снижает NPV до –13,6 млрд руб., поскольку проект теряет около 30% совокупного дохода при сохранении капитальных и операционных затрат. Снижение gate fee на 10% переводит NPV в отрицательную зону, что показывает зависимость МПЭС от коммунального платежного контура. Рост ставки дисконтирования с 8% до 11% снижает NPV до –6,2 млрд руб., поскольку высокая капиталоемкость делает проект чувствительным к стоимости капитала.

Таким образом, расчет подтверждает, что коммерческая привлекательность WtE-проекта зависит не от одного показателя, а от сочетания технологических, тарифных, контрактных и финансовых условий. Для российских условий это означает, что МПЭС может быть инвестиционно устойчивой только при наличии теплосбыта, экономически обоснованного gate fee, гарантированной загрузки и доступной стоимости капитала.

Зарубежный опыт и возможности его применения в России

Европейский опыт показывает, что WtE развивается устойчиво там, где энергетическая утилизация встроена в иерархию обращения с отходами и не конкурирует с переработкой. По данным Eurostat, в ЕС в 2024 г. было переработано 48% муниципальных отходов, а объем захоронения снизился до 50 млн т против 121 млн т в 1995 г. [8]. Это означает, что энергетическая утилизация в Европе развивалась не как замена recycling, а как инструмент сокращения полигонной зависимости. При этом Директива ЕС о захоронении отходов задает долгосрочный ориентир на ограничение захоронения биоразлагаемых муниципальных отходов, что повышает экономическую значимость альтернативных способов обращения с остаточным потоком.

Китайский опыт важен по другой причине. Он показывает, что быстрый рост WtE возможен при наличии тарифной поддержки и гарантированного спроса на электроэнергию. Однако зависимость от фиксированного тарифа создает риск: при переходе к более рыночным механизмам слабые проекты могут потерять устойчивость. Для России этот вывод означает, что бизнес-модель МПЭС не должна строиться только на одном регулируемом тарифе. Более устойчивым является сочетание gate fee, платы за мощность, продажи электроэнергии, продажи тепла и возможного учета экологических эффектов.

Для России принципиален не прямой перенос европейской или китайской модели, а учет трех практических условий. Во-первых, WtE становится экономически востребованным только тогда, когда полигонное размещение перестает быть самым дешевым и институционально простым вариантом. Во-вторых, gate fee должен отражать полную стоимость обращения с остаточным потоком, включая экологические и инфраструктурные издержки. В-третьих, размещение WtE-объекта должно быть связано с системами централизованного теплоснабжения или промышленными потребителями тепла, поскольку без тепловой выручки проект резко теряет коммерческую устойчивость.

Заключение

Проведенное исследование показало, что мусороперерабатывающие электростанции в условиях перехода к циркулярной экономике должны рассматриваться не как изолированные энергетические объекты, а как элементы комплексной системы обращения с остаточными отходами. Их задача состоит не в замене переработки, а в снижении полигонной нагрузки и извлечении энергии из тех фракций, которые уже не могут быть экономически и технологически возвращены в материальный цикл.

Следует отметить ограничения проведенного расчета. Модель построена в постоянных ценах и не учитывает инфляцию, индексацию тарифов, налог на прибыль, амортизационный налоговый щит и возможную остаточную стоимость объекта. Кроме того, из расчета исключены платежи за мощность и прочие доходы, поскольку их фактические параметры по рассматриваемому российскому кейсу публично раскрыты не полностью. В модели также не монетизированы экологические экстерналии, включая предотвращенный ущерб от сокращения захоронения и выбросов метана. Поэтому полученные значения NPV следует рассматривать не как оценку конкретного предприятия, а как иллюстрацию чувствительности WtE-проекта к ключевым параметрам бизнес-модели. Дальнейшие исследования могут быть связаны с построением полной посленалоговой финансовой модели, применением моделирования Монте-Карло и оценкой реального опциона на расширение или отсрочку проекта.

Предложенный методологический подход включает три взаимосвязанных контура оценки: финансовый, инфраструктурно-контрактный и риск-аналитический. Финансовый контур позволяет рассчитать NPV, IRR и срок окупаемости; инфраструктурно-контрактный контур показывает обеспеченность проекта долгосрочными договорами на отходы,

энергию, тепло и мощность; риск-аналитический контур оценивает чувствительность проекта к изменению gate fee, ставки дисконтирования, загрузки, CAPEX, OPEX и тарифных условий.

Ключевой научно-практический вывод исследования состоит в том, что коммерческая успешность WtE-проекта в России определяется не столько типом технологии (сжигание, газификация, пиролиз), сколько контрактной и тарифной архитектурой. Без продажи тепла, долгосрочного договора на поставку отходов с экономически обоснованным gate fee и механизма возврата капитала даже технологически современный WtE-завод остается инвестиционно уязвимым. Поэтому коммерческая привлекательность МПЭС возникает только при формировании целостной бизнес-модели, в которой экологический эффект, тарифная политика, энергетическая выручка и контрактная архитектура связаны в единую инвестиционную систему.

Литература

1. United Nations Environment Programme International Solid Waste Association Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource URL: https://wedocs.unep.org/items/36e16872-2f02-4447-a3c1-c939bf50ea92 (дата обращения: 01.05.2026).
2. Росприроднадзор. Подведены итоги по форме 2-ТП «Отходы» за 2024 год. URL: https://rpn.gov.ru/press/news/podvedeny_itogi_po_forme_2_tp_otkhody_za_2024_god/ (дата обращения: 01.05.2026).
3. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года: утв. Правитель-ством РФ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495719/ (дата обраще-ния: 01.05.2026).
4. Ковальчук А.П., Милорадов К.А. Организационно-экономический меха-низм реализации проектов переработки отходов для развития экономики замкнутого цикла // Креативная экономика. 2022. Т. 16. № 7. С. 2569-2588. URL: https://1economic.ru/lib/114944 (дата обращения: 01.05.2026).
5. Шилкина С.В. Управление пластиковыми отходами: российский и зарубеж-ный опыт // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9. № 1. DOI: 10.15862/10ECOR122. URL: https://resources.today/PDF/10ECOR122.pdf (дата обращения: 01.05.2026).
6. Vartiainen T. Economic feasibility of waste-to-energy incineration in municipal solid waste project. Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, 2022. URL: https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164776 (дата обращения: 01.05.2026).
7. Ростех. Завод энергоутилизации отходов «РТ-Инвест» начал поставку мощности на оптовом рынке электроэнергии. URL: https://rostec.ru/media/news/zavod-energoutilizatsii-otkhodov-rt-invest-nachal-postavku-moshchnosti-na-optovom-rynke-elektroenerg/ (дата обращения: 01.05.2026).
8. Eurostat. Municipal waste statistics. Statistics Explained. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics (дата обращения: 01.05.2026).
9. Hu J., Lin B. Optimal subsidy level for waste-to-energy investment considering environmental benefits and policy uncertainty // Energy Policy. 2022. Vol. 162. Article 112798.
10. Мельникова Е.А. Механизмы возврата инвестиций в строительство мусоросжигательных заводов // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2020. URL: https://www.jsdrm.ru/jour/article/viewFile/882/789 (дата обраще-ния: 01.05.2026).
11. Zhang X. et al. Prediction and Feed-In Tariffs of Municipal Solid Waste Gener-ation in Beijing Based on a GRA-BiLSTM Model // Sustainability. 2024. Vol. 16. № 9. Article 3579. DOI: 10.3390/su16093579.
12. Climate & Clean Air Coalition. Waste sector solutions. URL: https://www.ccacoalition.org/content/waste-sector-solutions (дата обращения: 01.05.2026).

Methodological approach to assessing the commercial attractiveness of waste-to-energy plants in the transition to a circular economy

Khalidov I.A., Efimkina M.S.

Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkina

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, 11, 20, 30, Z33

This article proposes a three-pronged methodological approach to assessing the commercial attractiveness of waste-to-energy (WTE) power plants in the context of the transition to a circular economy. This approach is relevant given the gap between Russia's target (100% MSW sorting by 2030) and the actual disposal of 85.2% of waste. It is shown that the commercial sustainability of a WTE project is determined not by electricity sales, but by a multi-channel revenue structure: waste collection fees (gate fees), heat sales, and capacity payments. A calculation example shows that a 10% gate fee reduction shifts the net present value (NPV) into negative territory, while the lack of heat sales makes the project unprofitable. It is concluded that the investment attractiveness of WTE power plants in Russia is achieved only with a combination of guaranteed capacity utilization, an economically justified gate fee, heat sales, and a long-term capital return mechanism.

Keywords: circular economy, waste-to-energy, waste-to-energy power plant, investment attractiveness, gate fee, project sensitivity, heat supply, discount rate, NPV, IRR, municipal solid waste.

References

1. United Nations Environment Programme International Solid Waste Association Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource Available at: https://wedocs.unep.org/items/36e16872-2f02-4447-a3c1-c939bf50ea92 (accessed: 01.05.2026).
2. Rosprirodnadzor. Results of the 2-TP “Waste” reporting form for 2024. Availa-ble at: https://rpn.gov.ru/press/news/podvedeny_itogi_po_forme_2_tp_otkhody_za_2024_god/ (accessed: 01.05.2026). In Russian.
3. Unified Plan for Achieving the National Development Goals of the Russian Federation until 2030 and for the period up to 2036. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495719/ (accessed: 01.05.2026). In Russian.
4. Kovalchuk A.P., Miloradov K.A. Organizational and economic mechanism for implementing waste recycling projects for the development of a circular econ-omy. Creative Economy, 2022, vol. 16, no. 7, pp. 2569-2588. Available at: https://1economic.ru/lib/114944 (accessed: 01.05.2026). In Russian.
5. Shilkina S.V. Plastic waste management: Russian and foreign experience. Rus-sian Journal of Resources, Conservation and Recycling, 2022, vol. 9, no. 1. DOI: 10.15862/10ECOR122. Available at: https://resources.today/PDF/10ECOR122.pdf (accessed: 01.05.2026). In Rus-sian.
6. Vartiainen T. Economic feasibility of waste-to-energy incineration in municipal solid waste project. Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, 2022. Available at: https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164776 (accessed: 01.05.2026).
7. Rostec. RT-Invest waste-to-energy plant started capacity supply on the whole-sale electricity market. Available at: https://rostec.ru/media/news/zavod-energoutilizatsii-otkhodov-rt-invest-nachal-postavku-moshchnosti-na-optovom-rynke-elektroenerg/ (accessed: 01.05.2026). In Russian.
8. Eurostat. Municipal waste statistics. Statistics Explained. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics (accessed: 01.05.2026).
9. Hu J., Lin B. Optimal subsidy level for waste-to-energy investment considering environmental benefits and policy uncertainty. Energy Policy, 2022, vol. 162, article 112798.
10. Melnikova E.A. Mechanisms for return on investment in the construction of waste incineration plants. Strategic Decisions and Risk Management, 2020. Available at: https://www.jsdrm.ru/jour/article/viewFile/882/789 (accessed: 01.05.2026). In Russian.
11. Zhang X. et al. Prediction and Feed-In Tariffs of Municipal Solid Waste Gener-ation in Beijing Based on a GRA-BiLSTM Model. Sustainability, 2024, vol. 16, no. 9, article 3579. DOI: 10.3390/su16093579.
12. Climate & Clean Air Coalition. Waste sector solutions. Available at: https://www.ccacoalition.org/content/waste-sector-solutions (accessed: 01.05.2026).

Развитие электронной коммерции в Африке: возможности и проблемы для трансформации розничной торговли

Икенведжи Чуквуэмека Дэвид
аспирант, кафедра экономических инноваций, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 1042254170@rudn.ru

Электронная коммерция (e-commerce) стала важным и быстро развивающимся аспектом розничной торговли в Африке, значительно изменив традиционный баланс обмена информацией о товарах и услугах по всему континенту. В этой статье представлен обзор доступной литературы, в котором всесторонне обсуждается развитие торговых платформ электронной коммерции в Африке и их преобразующее влияние на сектор розничной торговли. На основе систематизированного вторичного анализа рецензируемых статей, полученных из Scopus, Google Scholar и Web of Science, в исследовании систематически рассматриваются ключевые тенденции, новые возможности и заметные ограничения, которые в совокупности определяют современную экосистему электронной коммерции. Результаты показывают, что растущая доля молодежи, быстрый рост распространения мобильных телефонов и доступа в Интернет, а также продолжающееся развитие инноваций в области финансовых технологий (финтех) в совокупности способствовали ускоренному внедрению и использованию электронной коммерции на африканских рынках. Кроме того, поскольку цифровые платформы все больше улучшают доступность рынков для малых и средних предприятий, способствуют созданию рабочих мест и расширению доступа к финансовым услугам, сохраняется ряд нерешенных проблем, включая неэффективность логистики, недоверие к цифровым технологиям, неравномерное развитие инфраструктуры и фрагментированную нормативно-правовую базу. Исследование выявило явный дуализм в электронной торговле, который одновременно является мощным двигателем модернизации сектора розничной торговли и отражает существующие структурные ограничения, подчеркивая тем самым настоятельную необходимость скоординированной политики, позволяющей Африке в полной мере осуществить всеобъемлющую и устойчивую цифровую трансформацию.

Ключевые слова: электронная коммерция, Африка, цифровая розничная торговля, внедрение технологий, трансформация рынка, TAM, распространение инноваций.

1.0 Introduction

Electronic commerce (e-commerce) has emerged as a major aspect of retail system in Africa, which is transforming the way goods and services are traded within the continent (Iglesias-Pradas & Acquila-Natale, 2023). The increased presence in digital technologies, spreading internet connection, the broad use of mobile phones, and the development of electronic and mobile payment systems have intensified the usage of online retailing, making it possible to overcome the geographical boundaries of the business and reach larger consumer groups (Jenita et al., 2025). The increasing opportunities of e-commerce are demonstrated by platforms such as Jumia, Konga, Takealot, Kilimall, and social commerce platforms like WhatsApp and Instagram, which provide e-commerce with the advantages of better access to the market by small and medium-sized enterprises (GSMA, 2025; World Bank, 2025), job creation, financial inclusion, and digital transformation of the retail business.

Over the last few years, the use of mobile phones and internet penetration, as well as the digital financial services, are growing at an alarming rate in Africa (GSMA, 2025; World Bank, 2025; Mothobi & Kebotsamang, 2024), which is a good sign of the development of e-commerce platforms (Osabutey, 2024). Online platforms like Jumia, Konga, Takealot and Kilimall as well as social commerce via WhatsApp and Instagram have become popular in various African nations. These developments suggest that e-commerce can help mitigate the long-term challenges in the retail sector in Africa, which are lack of physical retail infrastructure, lack of access of small and medium-sized enterprises (SMEs) to the market, and high transaction cost.

Irrespective of this development, the growth of e-commerce in Africa has been very uneven and is characterized by serious challenges (Liang & Jagwaran 2024; Astuti & Ayinde, 2025). The structural barriers of weak logistics networks, insufficient digital and physical infrastructure, low consumer confidence in online activities, and security issues of the Internet and its lack of a unified regulatory frameworks still pose obstacles to scaling and sustainability. Such challenges provoke important questions as to whether e-commerce can entirely transform retail in various African settings and hence the necessity to have an answer to how opportunities and challenges are determining the growth of the sector (Setiadi & Muharam, 2024).

This study is different from other studies as it explores the issue of e-commerce as a national and regional perspectives. The studies available on e-commerce in Africa tend to concentrate on determinants of adoption, consumer behaviour or country-specific case studies (Amofah & Chai, 2022; Seleka, 2024; Liag et al., 2024; Tacho et al., 2017). However, there is still the need for a more comprehensive analysis that would both review the opportunities and challenges involved in the e-commerce development and evaluate its transformative capacity on the retail businesses throughout the continent. This is a gap that should be addressed to inform business strategy, policymaking, and future research on the digital economy of Africa.

Therefore, this study seeks to evaluate the development of e-commerce within Africa through a critical review of its major opportunities and threats and consider its ability to revolutionize retail businesses. In particular, the research aims to (i) discuss motivation of e-commerce development in Africa, (ii) define the key opportunities that e-commerce offers in transforming the retail sector, and (iii) examine barriers to the full achievement of e-commerce that are structural and institutional in nature. Through this, this paper is adding to the developing literature on the topic of digital commerce across emerging economies and offers insights that can be of value to policymakers, entrepreneurs, and retail practitioners.

2.0 Literature Review

E-commerce can be simply defined as the act of purchasing and selling of products and services through digital medium, facilitated by the existence of internet services, online payments, and online shops, and has therefore reshaped the conventional retailing business by helping businesses to expand past physical boundaries and access varied consumer groups; research indicates that online shopping has added to economic productivity, operational effectiveness, and market growth, which indicates that e-commerce is on the rise in Africa as digital infrastructure becomes more advanced; retail transformation is the process of integrating digital technology into the conventional retail business to enhance efficiency, reach and customer interaction.

Table 1

Terms associated with e-commerce

Term	Definition	Reference
E-commerce	The system of buying and selling using digital infrastructure	Bradlow et al. (2017); Singh & Srivastava (2019)
Retail transformation	The process of digitizing retail processes, including customer interaction	He et al. (2025)
Platform economy	The economic activities that connect buyers and sellers through digital infrastructure	Atanasova et al. (2025);

2.1 E-commerce Growth Drivers and Obstacles in Africa

While several others contribute to the growth of e-commerce in Africa it is crucial to mention the role played by people's access to the internet as internet penetration has risen to about 37 percent by 2023 with mobile subscriptions over 1.2 billion and mobile money services like M-Pesa and fintech innovation enabling SMEs and consumers to engage in online shopping; adoption is linked to mobile internet penetration and urban youth with countries like South Africa Kenya Egypt and Nigeria leading platforms like Jumia and Takealot while COVID-19 and social commerce via WhatsApp and Instagram accelerated adoption; Africa is becoming a hub for e-commerce expanding MSME access to regional and cross-border markets with mobile money supporting financial inclusion though uneven due to urban–rural gaps; however e-commerce is constrained by infrastructure gaps poor logistics regulatory fragmentation low digital literacy security concerns and distrust of online payments.

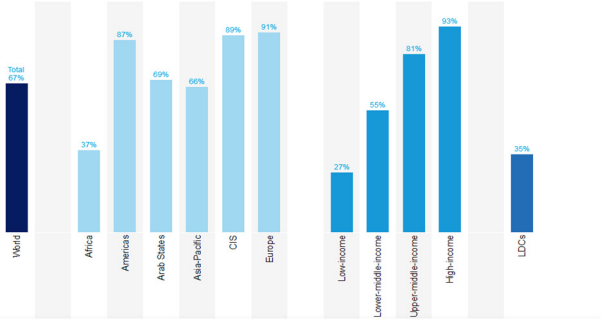


Figure 1: Internet Penetration Rate

Table 2
Major E-commerce Platforms in Africa

E-commerce platform	Country	Business model
Jumia	Nigeria, pan-Africa	Marketplace
Konga	Nigeria	Marketplace
Takelot	South Africa	B2C
Kilimall	Kenya	Marketplace
Social Commerce	WhatsApp, Instagram	B2B/B2C

2.2 Major Drivers and Obstacles of E-Commerce Growth in Africa

Africa is gradually becoming a hub for e-commerce expanding traditional trade and economic frontiers with MSMEs gaining regional and cross-border market access and increased output linked to digital commerce though growth depends on structural and technological factors; mobile money drives financial inclusion and enables online transactions and MSME participation while e-commerce benefits remain uneven due to urban–rural infrastructure gaps explained by DOI and TAM through perceived usefulness and ease of use; however e-commerce development is constrained by infrastructure limitations lack of reliable internet connectivity poorly developed logistics regulatory and policy fragmentation low digital literacy limited MSME capacity security concerns and distrust of online payments reflecting a dual narrative of growth and persistent barriers.

2.3 Gaps in Literature

The major shortcoming of the existing research is the lack of concerted, continent-wide empirical studies investigating both prospects and limitations simultaneously. Majority of the studies are national or regional in scope and there is a lack of cross-regional comparisons. This gap needs to be filled to inform policy frameworks and business strategies capable of making a sustainable contribution to the speed at which inclusive e-commerce may be developed, ensuring the fruits of digital trade are not limited to urban centers but that the main beneficiaries of digital trade are the entire population of Africa.

3.0 Methodology

This study adopted a secondary data analysis research design using peer-reviewed scholarly materials and institutional reports to explore e-commerce development and retail transformation in Africa, applying scoping review and narrative synthesis approaches to map concepts, identify gaps, and integrate findings into themes such as drivers, opportunities, and challenges, enabling broader cross-country generalization; the research is based on a pragmatist philosophy using Technology Acceptance Model (TAM) and Diffusion of Innovation Theory (DOI) to interpret complex socio-economic phenomena and focus on practical implications for policy and management; data were collected from Scopus, Web of Science, Google Scholar, and institutions such as World Bank, ITU, UNCTAD, and GSMA using keywords related to e-commerce, digital retail, and adoption, refined with Boolean operators and limited to English studies from 2017 onward; inclusion criteria focused on African e-commerce peer-reviewed and institutional studies while excluding non-African, non-scholarly, and irrelevant sources to ensure quality and relevance.

3.1 *Data Analysis Technique*

Thematic analysis was the method used to analyze the selected studies as this approach enables the systematic identification sorting and clarification of repetitive trends in qualitative studies and the data were analyzed using the Technology Acceptance Model (TAM) and Diffusion of Innovation Theory (DOI) where TAM informed perceived usefulness and ease of use while DOI explained diffusion across social systems and regions; the reviewed literature was coded into themes such as drivers of growth opportunities infrastructural and regulatory challenges consumer trust and digital skills and technology adoption dynamics enabling descriptive and analytical synthesis and comparison of findings.

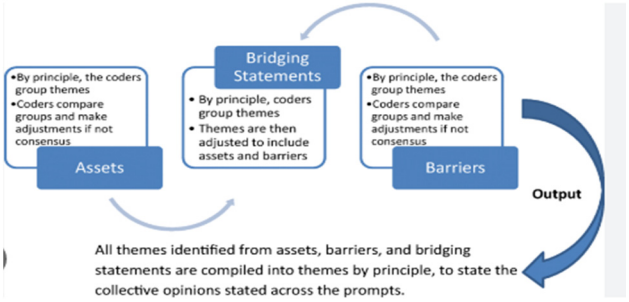


Figure 2: Data Analysis Technique

3.2 *Ethical Considerations*

Since secondary data was used in the study and publicly available sources were used as the sole source of secondary data, there was no need to seek any form of direct ethical approval. However, to ensure ethical research standards, proper citation of all the sources, prevention of plagiarism, and the fidelity of the findings of the reviewed studies were maintained.

4.0 Result

A review was conducted on 80 studies with the most researched countries being Nigeria (30%) and South Africa (25%) with East Africa (20%) West Africa (15%) and multi-country (10%) showing research concentrated in these markets; the literature and secondary data review indicate opportunities transforming African retail through e-commerce including market access financial inclusion business efficiency consumer choice and employment and the results are consistent with TAM and DOI in driving adoption.

Table 3
Distribution of Studies by Country Focus

Country/Region	Number of Studies	% of Total
Nigeria	6	30%
South Africa	5	25%
East Africa (Kenya, Uganda, Tanzania)	4	20%
West Africa (Ghana, Senegal)	3	15%
Multi-country / Continent-wide	2	10%

4.1 E-commerce Opportunities and Challenges

African retailers, particularly micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs), are able to transcend the geographical boundaries imposed through conventional e-commerce as online marketplaces increase market access and adoption; financial inclusion through digital payment systems such as M-pesa, MTN and Airtel money reduces cash use and enables safe transactions; e-commerce promotes job creation entrepreneurship cost reduction efficiency and access to wider markets.

Regulatory uncertainty and disjointed digital commerce policies in African nations undermine consumer protection taxation and cross-border trade while consumer mistrust fraud and cybersecurity risks reduce confidence and adoption.

Theme	Numbers of Studies	% of Total

Expanded Market Reach for Businesses	17	15.1%
Financial Inclusion through Digital Payments	13	11.6%
Job Creation and Entrepreneurship	10	8.9%
Operational Effectiveness and Cost-Minimization	14	12.4%
Opportunities for Cross-Border trade	16	14.2%
Fragmentation of Regulation and Policy	10	8.9%
Payment Risks and Cybersecurity	10	8.9%

5.0 Discussion Implications and Limitations

The result shows that the most commonly known positive effects of e-commerce in Africa are expanded market reach cross-border trade operational efficiency financial inclusion and job creation while regulatory fragmentation payment risks and cybersecurity concerns remain key barriers and these findings show that digital preparedness drives e-commerce but is constrained by trust and regulation explained by TAM and DOI where adoption depends on usefulness ease of use and diffusion factors like relative advantage and compatibility requiring multi-level interventions in infrastructure regulation skills cybersecurity and trust; the research adds to the literature by presenting a unified overview of the opportunities and challenges of e-commerce in Africa and basing it on the established theories of adoption providing practical implications for policymakers SMEs entrepreneurs and scholars; although this study incorporates numerous sources and theoretical viewpoints it has certain limitations since it relies on secondary data and existing studies and these findings would be further supported by primary empirical research while the fast pace of technology and market changes suggests that the environment of e-commerce is dynamic requiring further research to include real time data and longitudinal analysis.

6.0 Conclusion

This study discussed the development of e-commerce in Africa and the opportunities and challenges linked to its implementation and the possibility to revolutionize retail businesses. The results indicate that e-commerce has significant opportunities such as increased market access, financial inclusion, job creation, improved efficiency, and cross-border trading, but expansion is limited by infrastructure gaps, weak regulation, low trust, cybercrime, and low digital literacy. These are explained by TAM and DOI, where adoption depends on perceived usefulness, ease of use, and diffusion dynamics, requiring coordinated actions addressing structural, technological, and socio-cultural barriers.

Литература

1. Афшан А., Аджайи и Сесай Б. (2025). Роль цифровой торговли и технологических достижений в формировании финансовой устойчивости в странах Африки к югу от Сахары. Sustainability, 17 (8), 3399. https://doi.org/10.3390/su17083399

2. Агьеманг Г. Ю., Амекуадзи Б. и Ансонг Э. (2024). Отношение потребителей к использованию электронной коммерции во время пандемии COVID-19: данные, полученные от отдельных онлайн-компаний в Гане. Висконсинский журнал искусств и наук, 6 (1), 1-10

3. Айна, А. Т., & Вепукхулу, Дж. М. (2025). Влияние внедрения электронной коммерции на операционную прибыльность мелких и средних магазинов модной одежды в Лагосе, Нигерия. Африканский журнал исследований в области менеджмента и бизнеса, 19 (1), 219-238

4. Амофа, Д. О., & Чай, Дж. (2022). Поддержка внедрения электронной коммерции среди потребителей в странах Африки к югу от Сахары: имеют ли значение доверие и способ оплаты? Устойчивое развитие, 14(14), 8466

5. Арье-Аджей А. А., Аду К. К., Аду-Марфо А. О. и Авуку Г. (2025). Использование цифровых технологий в неформальном предпринимательстве: данные из округа Окере, Гана. Журнал инноваций и предпринимательства, 14 (1), 144. https://doi.org/10.1186/s13731-025-00611-8

6. Астути, Х. М., и Айинде, Лос-Анджелес (2025). Неравномерный прогресс: анализ факторов, определяющих темпы внедрения цифровых технологий в странах Африки к югу от Сахары (SSA). Данные и политика, 7, e23. https://doi.org/10.1017/dap.2024.89

7. Эль-Айссуг, К., Ким, Т. Ю. и Ванг, Х. (2026). Объединение логистики и платежей для укрепления доверия к электронной розничной торговле в Африке: роль качества логистических услуг, факторов, влияющих на оплату, и культурных влияний. Журнал розничной торговли и потребительских услуг, 88, 104471. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2025.104471

8. Фалово, О., & Фалово, С. (2026). Низкий уровень проникновения Интернета в странах Африки к югу от Сахары и роль спутников LEO в решении этой проблемы. Telecom, 7(1), статья 7. https://doi.org/10.3390/telecom7010007

9. Гао Дж., Сиддик А. Б., Аббас С. К., Хамаюн М., Масукуджаман М. и Алам С. С. (2023). Влияние внедрения электронной коммерции и цифрового маркетинга на финансовые показатели и устойчивость ММСП во время пандемии COVID-19: эмпирическое исследование. Sustainability, 15(2), 1594. https://doi.org/10.3390/su15021594

10. GSMA. (2025). Мобильная экономика Африки к 2025 году (отчет GSMA). GSMA. https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/africa/

11. Хэ, Т., Лю, У., Шао, Х. и Тянь, Р. Г. (2025). Исследование процесса и результатов цифровых инноваций в экосистемах платформ розничной торговли: разрушительная трансформация или постепенные изменения. Исследование электронной коммерции, 25 (1), 465-494. https://doi.org/10.1007/s10660-023-09699-0

12. Мканси, М., & Флауэрдей, С. (2023). Проблемы внедрения мобильных приложений для розничной торговли продуктами питания в электронной форме и стратегии преодоления: взгляд южноафриканских МСП. Исследование электронной коммерции, 25, 419-464. https://doi.org/10.1007/s10660-023-09698-1

13. Мотхоби О., Кеботсаманг К. (2024). Влияние сетевого охвата на внедрение финтех-технологий и расширение доступа к финансовым услугам в странах Африки к югу от Сахары. Журнал экономических структур, 13, статья 5. https://doi.org/10.1186/s40008-023-00326-7

14. Нкоси Т., Диалло А., Ндлову М., Кейта Ф. (2024). Роль электронной коммерции в преобразовании моделей розничного бизнеса: проблемы и возможности. Международный журнал экономики, коммерции и менеджмента, 1 (2), 28-31

15. Огбевоен, Ф. (2025). Роль цифровых платформ и электронной коммерции в ускорении интернационализации МСП: опыт нигерийских МСП. Международный журнал бизнеса и экономических исследований, 12 (3), 89-110

16. Около-Обаси, Н. Э. В., и др. (2025). Цифровая торговля и деятельность ММСП в странах Африки к югу от Сахары: опыт Нигерии. Африканский журнал исследований в области менеджмента и бизнеса, 18 (1), 45-67

17. Укуоми Ноутчи, Южная Каролина (2025). Раскрытие потенциала малого и среднего бизнеса с помощью цифровых платформ: опыт трех африканских цифровых экономик. Международный журнал бизнес-экосистем и стратегий, 7 (4), 106-112. https://doi.org/10.36096/ijbes.v7i4.859

18. Селека, Г. Г. (2024). Внедрение и развитие электронной коммерции в африканском контексте: обзор литературы по Ботсване. Международный журнал междисциплинарных исследований IAMURE, 5(6)

19. Ванга, Х. (2026). Использование электронной торговли в целях развития: критический обзор возможностей, барьеров и стратегий в странах с формирующейся экономикой. Международный журнал научных исследований и современных технологий, 4 (12), 120-122. https://doi.org/10.38124/ijsrmt.v4i12.1094

20 Всемирный банк. (2025). Глобальная база данных Findex за 2025 год. Всемирный банк. https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex

E-Commerce Development in Africa: Opportunities and Challenges for Retail Transformation

Ikenweji Chukwuemeka David

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

E-commerce has become a significant and rapidly growing aspect of retail in Africa, significantly altering the traditional balance of information exchange for goods and services across the continent. This article presents a review of the available literature, comprehensively discussing the development of e-commerce platforms in Africa and their transformative impact on the retail sector. Based on a systematic secondary analysis of peer-reviewed articles sourced from Scopus, Google Scholar, and Web of Science, the study systematically examines the key trends, emerging opportunities, and notable constraints that collectively define the contemporary e-commerce ecosystem. The findings demonstrate that a growing youth population, rapid growth in mobile phone and internet penetration, and the continued advancement of financial technology (fintech) innovation have collectively contributed to the accelerated adoption and use of e-commerce in African markets. Furthermore, as digital platforms increasingly improve market access for small and medium-sized enterprises, foster job creation, and expand financial inclusion, a number of unresolved challenges remain, including logistical inefficiencies, distrust of digital technologies, uneven infrastructure development, and a fragmented regulatory framework. The study revealed a clear duality in e-commerce, which simultaneously serves as a powerful driver of retail sector modernization and reflects existing structural constraints, highlighting the urgent need for coordinated policies to enable Africa to fully realize a comprehensive and sustainable digital transformation.

Keywords: e-commerce, Africa, digital retail, technology adoption, market transformation, TAM, innovation diffusion.

References

1. Afshan, A., Ajayi, & Sesay, B. (2025). The role of digital trade and technological advancements in shaping financial resilience in Sub-Saharan Africa. *Sustainability, 17*(8), 3399. https://doi.org/10.3390/su17083399
2. Agyemang, G. Y., Amekuadzi, B., & Ansong, E. (2024). Customers' perception of e-commerce usage during the COVID-19 pandemic: Evidence from selected online firms in Ghana. *Wisconsin Journal of Arts and Sciences, 6*(1), 1–10
3. Aina, A. T., & Wepukhulu, J. M. (2025). Effect of e-commerce adoption on operating profitability of small and medium-scale fashion retailers in Lagos, Nigeria. *African Journal of Management and Business Research, 19*(1), 219–238
4. Amofah, D. O., & Chai, J. (2022). Sustaining consumer e-commerce adoption in Sub-Saharan Africa: Do trust and payment method matter? *Sustainability, 14*(14), 8466
5. Aryeh-Adjei, A. A., Adu, K. K., Adu-Marfo, A. O., & Awuku, G. (2025). Digital technology use and adoption in informal entrepreneurship: Evidence from Okere District, Ghana. *Journal of Innovation and Entrepreneurship, 14*(1), 144. https://doi.org/10.1186/s13731-025-00611-8
6. Astuti, H. M., & Ayinde, L. A. (2025). Uneven progress: Analyzing the factors behind digital technology adoption rates in Sub-Saharan Africa (SSA). *Data & Policy, 7*, e23. https://doi.org/10.1017/dap.2024.89
7. El Aissoug, C., Kim, T. Y., & Wang, X. (2026). Bridging logistics and payment to build trust in African e-retail: The role of logistics service quality, payment drivers, and cultural influences. *Journal of Retailing and Consumer Services, 88*, 104471. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2025.104471
8. Falowo, O., & Falowo, S. (2026). Low Internet penetration in Sub-Saharan Africa and the role of LEO satellites in addressing the issue. *Telecom, 7*(1), Article 7. https://doi.org/10.3390/telecom7010007
9. Gao, J., Siddik, A. B., Abbas, S. K., Hamayun, M., Masukujjaman, M., & Alam, S. S. (2023). Impact of e-commerce and digital marketing adoption on the financial and sustainability performance of MSMEs during the COVID-19 pandemic: An empirical study. *Sustainability, 15*(2), 1594. https://doi.org/10.3390/su15021594
10. GSMA. (2025). *The mobile economy Africa 2025 (GSMA report)*. GSMA. https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/africa/
11. He, T., Liu, W., Shao, X., & Tian, R. G. (2025). Exploring the digital innovation process and outcome in retail platform ecosystems: Disruptive transformation or incremental change. *Electronic Commerce Research, 25*(1), 465–494. https://doi.org/10.1007/s10660-023-09699-0
12. Mkansi, M., & Flowerday, S. (2023). Mobile application e-grocery retail adoption challenges and coping strategies: A South African SME perspective. *Electronic Commerce Research, 25*, 419–464. https://doi.org/10.1007/s10660-023-09698-1
13. Mothobi, O., & Kebotsamang, K. (2024). The impact of network coverage on adoption of Fintech and financial inclusion in Sub-Saharan Africa. *Journal of Economic Structures, 13*, Article 5. https://doi.org/10.1186/s40008-023-00326-7
14. Nkosi, T., Diallo, A., Ndlovu, M., & Keita, F. (2024). The role of e-commerce in transforming retail business models: Challenges and opportunities. *International Journal of Economics, Commerce and Management, 1*(2), 28–31
15. Ogbevoen, F. (2025). The role of digital platforms and e-commerce in accelerating SME internationalisation: Evidence from Nigerian SMEs. *International Journal of Business and Economic Studies, 12*(3), 89–110
16. Okolo-Obasi, N. E. V., et al. (2025). Digital commerce and MSMEs output in sub-Saharan Africa: The Nigeria experience. *African Journal of Management and Business Research, 18*(1), 45–67
17. Oukouomi Noutchie, S. C. (2025). Unlocking SME potential through digital platforms: Insights from three African digital economies. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy, 7*(4), 106–112. https://doi.org/10.36096/ijbes.v7i4.859
18. Seleka, G. G. (2024). E-Commerce adoption and development in an African context: A literature review of Botswana. *IAMURE International Journal of Multidisciplinary Research, 5*(6)
19. Wanga, H. (2026). Leveraging e-commerce for development: A critical review of opportunities, barriers, and strategies in emerging economies. *International Journal of Scientific Research and Modern Technology, 4*(12), 120–122. https://doi.org/10.38124/ijsrmt.v4i12.1094
20 World Bank. (2025). *The Global Findex Database 2025*. World Bank. https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex

Методический подход к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений

Кильдюшов Евгений Викторович
аспирант, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, evgenii.kildiushov@gmail.com,

Маринина Оксана Анатольевна
доцент, заведующий кафедрой отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Marinina_OA@pers.spmi.ru,

Любек Юлия Викторовна
доцент, кафедры отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Lyubek_YuV@pers.spmi.ru

Статья посвящена разработке методического подхода к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений с учетом вариативности параметров кондиций и условий освоения месторождений. Актуальность исследования обусловлена вовлечением в разработку урановых месторождений с более сложными горно-геологическими условиями, снижением содержания полезных компонентов в рудах, ростом затрат на добычу и переработку сырья, а также высокой дифференциацией запасов по себестоимости добычи и чувствительностью количества экономически извлекаемых ресурсов к изменению цен и условий освоения месторождений. Целью исследования является разработка методического подхода к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений с использованием методов стохастического анализа параметров кондиций. Разработан алгоритм стохастической оценки минерально-сырьевого потенциала на основе вариативности параметров кондиций с использованием метода Монте-Карло. Предложенный подход позволяет выполнять вероятностную оценку экономически целесообразных к извлечению запасов урановых руд и периодически пересматривать параметры кондиций в изменяющихся геологических, технологических, экономических и инфраструктурных условиях освоения месторождений.

Ключевые слова: минерально-сырьевой потенциал, урановые месторождения, экономическая оценка, методический подход, параметры кондиций.

Минерально-сырьевой потенциал (МСП) месторождений твердых полезных ископаемых является основой формирования минерально-сырьевой базы и определяет перспективы развития добывающих отраслей. В настоящее время развитие минерально-сырьевой базы урановой отрасли характеризуется вовлечением в разработку месторождений с более сложными горно-геологическими условиями, снижением содержания полезных компонентов в рудах и ростом затрат на добычу и переработку сырья, что повышает значение экономической оценки минерально-сырьевого потенциала. Для урановых месторождений характерна значительная дифференциация запасов по себестоимости добычи и высокая чувствительность экономической эффективности разработки к изменению цен на уран, технологических параметров и условий освоения месторождений, вследствие чего объем экономически извлекаемых ресурсов может существенно изменяться в зависимости от параметров кондиций и условий освоения месторождений [1,2].

Традиционные методы геолого-экономической оценки ориентированы на определение экономически целесообразной части запасов при фиксированных параметрах кондиций, затрат и цен. Однако в реальных условиях параметры освоения месторождений изменяются во времени, а объем экономически извлекаемых ресурсов зависит от совокупности геологических, технологических, экономических, инфраструктурных и институциональных факторов [3,4]. В результате минерально-сырьевой потенциал следует рассматривать как экономически изменяющуюся величину, зависящую от условий освоения месторождений, что ограничивает применение детерминированных методов оценки. В связи с этим возникает необходимость разработки методического подхода к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений, учитывающего вариативность параметров кондиций, совокупность факторов и неопределенность исходных данных.

Целью исследования является разработка методического подхода к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений с использованием методов стохастического анализа параметров кондиций. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи: уточнено содержание понятия минерально-сырьевого потенциала; проанализированы существующие подходы к экономической оценке минеральных ресурсов, запасов и проектов освоения урановых месторождений; обосновано использование показателя чистого дисконтированного дохода в качестве критерия экономической оценки МСП; разработан методический подход к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений; разработан алгоритм стохастической оценки МСП урановых месторождений на основе вариативности параметров кондиций.

Научная новизна исследования заключается в разработке методического подхода к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений, основанного на определении экономически извлекаемой части ресурсов через область параметров кондиций, при которых обеспечивается неотрицательное значение чистого дисконтированного дохода проекта освоения месторождения.

В научном контексте под минерально-сырьевым потенциалом понимается та часть природно-ресурсного потенциала, которая при существующих технологических и социально-экономических условиях может быть эффективно вовлечена в хозяйственную деятельность [5]. В геолого-экономических трактовках МСП охватывает совокупность выявленных и количественно оцененных минеральных ресурсов, пригодных для промышленного освоения [6]. В соответствии с подходом CRIRSCO, к ресурсам относится минерализация в недрах и на поверхности, включая техногенные образования, оценка которых осуществляется с учетом совокупности геологических, технологических, экономических, экологических и правовых факторов [7]. В недавних исследованиях, посвященных оценке природных ресурсов, акцент делается на системном рассмотрении разнородных факторов, влияющих на экономическую ценность и целесообразность освоения ресурсов, а не на отдельных технических или стоимостных показателях [8,9]. Учтённая в ходе геологоразведочных работ часть МСП формирует минерально-сырьевую базу, включающую разведанные, предварительно оценённые запасы и прогнозные ресурсы по состоянию на определённую дату [10].

В данной работе минерально-сырьевой потенциал рассматривается как совокупность балансовых, забалансовых, некондиционных запасов, прогнозных ресурсов месторождений и техногенных источников мине-

рального сырья, обладающих реальной или потенциальной экономической ценностью при различных внешних и внутренних факторах, определяющих условия их эффективного освоения. В данном представлении МСП не является фиксированной величиной, определяемой только геологической изученностью месторождения, а представляет собой экономически обусловленную величину, изменяющуюся в зависимости от параметров кондиций, уровня затрат на добычу и переработку, применяемых технологий, инфраструктурных условий, институциональных факторов и цен на продукцию. Соответственно, экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала должна учитывать вариативность условий освоения месторождений и неопределенность исходных параметров.

В российской системе учета минерально-сырьевой базы классификация запасов основана преимущественно на степени геологической изученности месторождений, тогда как экономическая оценка вводится на последующем этапе через разделение запасов на балансовые и забалансовые с учетом технологических, правовых и экологических ограничений [11]. В международной практике, представленной классификацией IAEA Red Book, ресурсы систематизируются с учетом экономической извлекаемости и дифференцируются по уровням себестоимости добычи, что позволяет напрямую связывать геологические характеристики ресурсной базы с экономическими условиями их освоения [12]. Различие данных подходов показывает, что объем экономически доступных ресурсов не является фиксированной величиной и зависит от уровня затрат, ценовой конъюнктуры, технологий и инфраструктурных условий [13,14]. Следовательно, при оценке минерально-сырьевого потенциала необходимо учитывать совокупность факторов, определяющих условия освоения месторождений и экономическую эффективность их разработки.

В рамках экономической оценки МСПУМ рассматриваются три основных подхода: доходный, сравнительный и затратный. Каждый из них имеет методологические ограничения, связанные с различиями в информационной обеспеченности и стадией освоения объектов недропользования, а также с особенностями функционирования урановой отрасли в Российской Федерации. Экономическая оценка используется при технико-экономическом обосновании инвестиций в разработку месторождения и ориентируется на критерии минимальных затрат и максимального дохода. Соотношение применимости указанных подходов к оценке стоимости минеральных активов представлено в таблице 1.

Таблица 1

Применимость подходов стоимостной оценки на различных стадиях освоения недропользования [составлено на основе [15,16]

	Поисковые работы	Оценочные работы	Разведочные работы	Эксплуатация месторождения
Сравнительный	+	+	+	+
Доходный	+/-	+	+	+
Затратный	+	+/-	-	-

В российской практике единый методический подход к экономическому обоснованию освоения месторождений твердых полезных ископаемых закреплен в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов» и «Методических рекомендациях по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчёта запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев)». Экономическая оценка базируется на моделировании дисконтированных денежных потоков за весь жизненный цикл проекта и использовании показателей чистого дисконтированного дохода (ЧДД или NPV), внутренней нормы доходности (ВНД или IRR), индекса доходности и срока окупаемости. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) кондиций рассматривается как завершающий этап комплекса геолого-разведочных, технологических и экономических исследований и направлено на обоснование требований к качеству минерального сырья и горно-геологическим параметрам месторождения, используемых при оконтуривании и подсчёте запасов. Параметры кондиций формируются на основе результатов ТЭО и служат основанием для подсчёта запасов и их отнесения к балансовым или забалансовым.

В научных исследованиях предложен ряд подходов, направленных на учёт данной специфики при экономической оценке урановых месторождений. В работах Иванова В.Г. экономическая оценка урановых месторождений основана на ранжировании запасов по содержанию и расчёте прибыли, приходящейся на 1 т погашаемых запасов с учётом потерь, разубоживания, извлечения и затрат[17]. Показано, что изменение цены урана существенно расширяет активную часть запасов и определяет области рационального применения подземной добычи, подземного и кучного выщелачивания. Полученные зависимости используются автором для экономико-технологической классификации запасов.

Душин А.В. предлагает систему стоимостной оценки минерально-сырьевого потенциала на основе коэффициентов приведения прогнозных ресурсов и запасов различных категорий к промышленным, с расчётом валовой и извлекаемой ценности общего и оперативного МСП [18,19]. Такой подход позволяет перевести геологическую информацию в интегральные экономические показатели.

В работах Лементы О.Ю. разработан алгоритм геолого-экономической оценки, основанный на максимизации дисконтированного экономического эффекта с учётом технологических, экологических и эксплуатационных ограничений[20,21]. Показана возможность переоконтуривания рудных тел за счёт варьирования кондиционных параметров и вовлечения части ранее нерентабельных запасов. Овсейчук В.А. подтверждает эффективность данного подхода для месторождений Стрельцовского рудного поля, показывая чувствительность результатов к бортовому содержанию и цене урана [22].

В зарубежной практике экономическая оценка урановых месторождений подробно рассматривается в руководстве МАГАТЭ «Steps for preparing uranium production feasibility studies» экономическая оценка рассматривается как поэтапный процесс с решениями «go/no-go», основанный на дисконтированном денежном потоке и анализе чувствительности. Развитие проекта рассматривается как цепочка логически связанных стадий, на каждой из которых экономические расчёты используются не только для оценки потенциальной эффективности, но и для своевременного прекращения реализации заведомо нерентабельных проектов[23]. Современные исследования дополняют классический NPV-подход инструментами учёта рисков: показателем DNPV с вынесением риска в самостоятельную величину и методами реальных опционов, учитывающими стратегическую гибкость проекта [24,25].

Проведённый анализ показывает, что в практике экономической оценки твёрдых полезных ископаемых сформирован устойчивый методический подход, ориентированный на оценку эффективности освоения отдельных месторождений в фиксированных условиях. Вместе с тем специфика урановой отрасли, связанная с типологической неоднородностью ресурсной базы, высокой чувствительностью себестоимости к геологическим и технологическим параметрам, а также значительной ролью внешних факторов, ограничивает применимость универсальных методических решений. Это обусловливает необходимость развития методических подходов, ориентированных на экономическую типологию урановых месторождений и оценку минерально-сырьевого потенциала с учётом вариативности условий их освоения [26].

Экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений требует построения модели, позволяющей формально учитывать как геолого-экономические параметры ресурсной базы, так и изменяющиеся условия их освоения. В рамках экономического подхода минерально-сырьевой потенциал целесообразно рассматривать как ту часть ресурсной базы, вовлечение которой в разработку обеспечивает неотрицательный экономический результат. В качестве критерия экономической целесообразности освоения месторождения используется показатель чистого дисконтированного дохода (NPV), поэтому к МСП могут быть отнесены те запасы и ресурсы, освоение которых соответствует условию NPV ≥ 0. В связи с этим предлагается методический подход, который позволяет расширить классическое представление чистого дисконтированного дохода за счёт учёта дополнительных денежных потоков и вариативности параметров кондиций. Алгоритм реализации предлагаемого методического подхода представлен на рисунке 1.

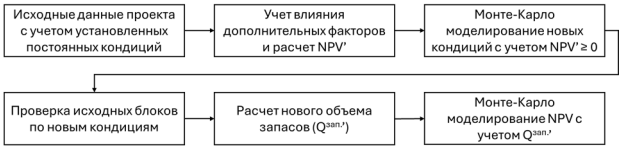


Рисунок 1. Алгоритм реализации предлагаемого методического подхода к экономической оценке минерально-сырьевого потенциала [Составлено авторами]

В основе модели используется формула чистого дисконтированного дохода [27]:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{Q_t \cdot P_t - TC_{п_t} + A_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{T} \frac{K_t}{(1+r)^t} + \frac{S}{(1+r)^T} \quad (1)$$

где Q_t — производство U_3O_8 в год t, т; P_t — цена реализации уранового концентрата в год t, долл./кг U_3O_8; $TC_{п_t}$ — общие затраты в году t, долл.; A_t — амортизационные отчисления в году t, долл.; K_t — капитальные вложения в году t, долл.; T — расчетный период, лет; r — ставка дисконтирования, доли ед; t — номер расчетного года. S — остаточная стоимость, долл.

На начальном этапе формируется исходный набор геолого-экономических параметров месторождения, включающий характеристики рудных блоков, технологические коэффициенты и экономические показатели проекта, а также базовые значения кондиционных параметров. Этот набор служит исходной конфигурацией, относительно которой производится первоначальный расчёт NPV и формируется базовая оценка экономически доступных запасов.

В описанной модели изначально в явной форме не учитывались внешние факторы, способные влиять на итоговое значение NPV. Поэтому на втором этапе осуществляется интеграция таких факторов введением дополнительных денежных потоков, отражающих инфраструктурные, экологические, институциональные и прочие эффекты (CF_i). Учет этих факторов приводит к формированию скорректированного значения чистого дисконтированного дохода (NPV'), которое определяет новую границу экономической целесообразности освоения месторождения. В представленной модели предлагается вести учет эффектов по данной формуле:

$$NPV' = \sum_{t=1}^{T} \frac{Q_t \cdot P_t - TC_{n_t} + A_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{T} \frac{K_t}{(1+r)^t} + \frac{S}{(1+r)^T} + \sum CF_j, (2)$$

где CF_j — суммарный экономический эффект от учета фактора j, долл.

Для отдельного рудного блока количество возможного к извлечению U_3O_8 составляет Q_i, которое можно вычислить по формуле:

$$Q_i = \rho \cdot S \cdot m_i \cdot g_i \cdot k_{изв}, (3)$$

где ρ — плотность, т/м^3; S — площадь отрабатываемой зоны, м^2; m_i — мощность рудного блока, м; g_i — среднее содержание урана в руде, доли ед.; $k_{изв}$ — коэффициент извлечения, доли ед.

В модели рассматривается изменение 3-ех основных показателей кондиций:

1. минимальное промышленное содержание полезных компонентов в подсчетном блоке (g);

2. минимальная мощность тел полезных ископаемых, включаемая в подсчёт балансовых запасов (m);

3. максимально допустимая мощность прослоев пород и некондиционных руд, включаемых в контуры рудных тел (b);

Третий этап направлен на определение возможных диапазонов параметров кондиций (b_{max}, m_{min}, $g_{пром}$), согласованных со скорректированным значением NPV'. Для каждого параметра задается область допустимых вариаций, после чего методом Монте-Карло генерируется множество их комбинаций. Для каждой реализации выполняется расчет объемов производства и соответствующего показателя NPV'. В результирующее множество включаются только те комбинации кондиций, при которых выполняется условие NPV' ≥ 0. Таким образом формируется стохастически определенная область допустимых значений параметров кондиций при учете дополнительных внешних условиях.

Полученные в результате стохастического анализа кондиции используются в качестве новых критериев отбора рудных блоков. Для учета изменения условий в расчете используется функция Хевисайда, которая будет использоваться как индикаторный множитель в рамках фильтра рудных блоков по заданным условиям:

$$I_x = H(x) = \begin{cases} 1, x \geq 0 \\ 0, x < 0 \end{cases} (4)$$

Введем следующие индикаторные множители:

1. Максимально допустимая мощность пустых пород:

$$I_b = H(b_{max} - b_i) = \begin{cases} 1, b_{max} \geq b_i \\ 0, b_{max} < b_i \end{cases} (5)$$

2. Минимальная мощность уранового рудного тела:

$$I_m = H(m_i^{corr} - m_{min}) = H(m_i - b_i - m_{min}) = \begin{cases} 1, m_i^{corr} \geq m_{min} \\ 0, m_i^{corr} < m_{min} \end{cases} (6)$$

3. Минимальное промышленное содержание урана:

$$I_g = H(g_i - g_{пром}) = \begin{cases} 1, g_i \geq g_{пром} \\ 0, g_i < g_{пром} \end{cases} (7)$$

На основе полученных кондиций можно вычислить извлекаемый объём руды в блоке с поправками на минимальную мощность рудного тела и максимально допустимую мощность пустых пород:

$$Z_i(m_i, b_i) = \sum \rho \cdot S \cdot (m_i - b_i) \cdot I_b \cdot I_m, (8)$$

где $Z_i(m_i, b_i)$ — масса руды из блока i, которая может быть отнесена к балансовым запасам при заданных условиях m_{min} и b_{max}, тонн.

Далее вычислим массу самого U_3O_8 с учетом минимального содержания:

$$Q_i(g_i, m_i, b_i) = \sum Z_i(m_{min}, b_{max}) \cdot k_{изв} \cdot g_i \cdot I_g (9)$$

Полученная функция зависимости объема производства U_3O_8 от трех кондиционных параметров может быть представлена в следующем виде:

$$Q_i(m_i, b_i, g_i) = \sum \rho \cdot S \cdot (m_i - b_i) \cdot g_i \cdot k_{изв} \cdot I_b \cdot I_m \cdot I_g (10)$$

При помощи функций Хевисайда, формула автоматически исключает из расчёта те объёмы руды, которые не удовлетворяют хотя бы одному из заданных критериев кондиций. Соответственно, при росте допускаемых диапазонов кондиционных параметров объем отбираемых в расчет запасов увеличивается, т.е. в предельном случае при $b_{max} \rightarrow max$, $m_{min} \rightarrow min$, $g_{пром} \rightarrow min$ в модель включается максимальный объем потенциально извлекаемых ресурсов.

Полученная ранее совокупность допустимых значений параметров кондиций (b_{max}, m_{min}, $g_{пром}$) определяет состав рудных блоков, включаемых в расчет, и соответствующий объем запасов. В рамках второго этапа моделирования методом Монте-Карло каждая из таких реализаций используется для пересчета величины чистого дисконтированного дохода, что приводит к формированию множества значений NPV. Полученное распределение является итоговой вероятностной оценкой экономической эффективности вовлечения минерально-сырьевого потенциала при учете внешних факторов и варьируемых ограничений кондиций.

Заключение

В ходе проведённого исследования показано, что экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала урановых месторождений зависит от совокупности геологических, технологических, экономических и инфраструктурных факторов, определяющих условия освоения месторождений. Учет указанных факторов приводит к изменению экономически целесообразных параметров кондиций и объёмов извлекаемых ресурсов, в связи с чем минерально-сырьевой потенциал целесообразно рассматривать как экономически обусловленную величину, изменяющуюся в зависимости от условий освоения месторождения.

Показано, что традиционная геолого-экономическая оценка ориентирована на выделение экономически рациональной части запасов в фиксированных условиях, тогда как экономическая оценка МСП предполагает учет вариативности внешних и внутренних факторов и позволяет рассматривать параметры кондиций и объемы экономически целесообразных ресурсов как изменяющиеся во времени. Такой подход расширяет аналитические возможности оценки и позволяет учитывать потенциальные изменения условий освоения, не устанавливая их в рамках одного расчётного сценария.

Литература

1. Khan I. et al. Role of alternative and nuclear energy in stimulating environmental sustainability: impact of government expenditures // Environ. Sci. Pollut. Res. 2022. Vol. 29, No 25. P. 37894–37905.

2. Ильюшин Ю. В., Мартиросян А. В. Анализ импульсных систем автоматического управления // Современная наука и инновации. 2025. № 1. С. 41–50.

3. Shannak S., Cochrane L., Bobarykina D. Global uranium market dynamics: analysis and future implications // Int. J. Sustain. Energy. 2025. Vol. 44, No 1.

4. Todorova N. Uranium sector sensitivity to financial and geopolitical risks // Econ. Lett. 2025. Vol. 255. P. 112475.

5. Реймерес Н. Ф. Экологизация. Введение в проблематику. 2-е изд. М.: Изд-во УРАО, 1997. 132 с.

6. Минеральные ресурсы // Горная энциклопедия URL: http://www.mining-enc.ru/m/mineralnye-resursy (дата обращения: 30.03.2026).

7. Руководство по гармонизации стандартов отчетности России и CRIRSCO. // CRISCO URL: https://crirsco.com/wp-content/uploads/2024/04/conversion_guidelines_final.pdf (дата обращения: 30.03.2026).

8. Ignatyeva M. N. et al. Assessing challenges and threats for balanced subsoil use // Environ. Dev. Sustain. 2021. Vol. 23, No 12. P. 17904–17922.

9. Ignatyeva M., Yurak V., Dushin A. Valuating Natural Resources and Ecosystem Services: Systematic Review of Methods in Use // Sustainability. 2022. Vol. 14, No 3. P. 1901.

10. Marinina O. A., Kildiushov E. V. Geological and Economic Assessment and Comparative Analysis of Uranium ore Deposits in Russia and Iran // Int. J. Eng. 2026. Vol. 39, No 10. P. 2419–2433.

11. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации «Об утверждении Классификаций запасов полезных ископаемых» от 07.03.1997 № 40.

12. Nuclear Energy Agency (NEA). Uranium 2024: Resources, Production and Demand. – Paris: OECD Publishing, 2025.

13. Pashkevich N. V. et al. Analysing the problems of reproducing the mineral resource base of scarce strategic minerals // J. Min. Inst. 2024. Vol. 270. P. 1004–1023.

14. Голик В. И., Маринин М. А. Практика подземного выщелачивания урана в блоках // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6–1. С. 5–20.

15. Концептуальные подходы к оценке ценности минерально-сырьевых ресурсов: Монография / под ред. Проф. Т. В. Пономаренко. — СПб.: Медиапапир, 2022. — 120 с.

16. Швец С. М. Теоретико-методические вопросы прогнозирования стоимостной оценки месторождений твёрдых полезных ископаемых как инструмента обеспечения экономической безопасности горнодобывающего сектора экономики // Вестник Московского университета МВД России. 2009. № 5. С. 44–47.

17. Иванов В. Г. Экономико-технологическая классификация запасов урановых месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 1999. № 7. С. 245–246.

18. Душин А. В. Управление развитием минерально-сырьевого потенциала // Известия Уральского государственного горного университета. 2003. № 17. С. 395–398.

19. Косолапов О. В., Душин А. В. Методический инструментарий обеспечения полноты использования невозобновимых ресурсов при экологически устойчивом недропользовании // Известия УГГУ. 2018. № 2(50). С. 148–152.

20. Лемента О. Ю. Выявление резерва запасов балансовых руд в контуре залежей, нерентабельных к отработке в современных экономических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 4. С. 409–414.

21. Лемента О. Ю. Разработка алгоритма экономико-математической модели определения эффективности эксплуатации рудных месторождений урана подземным способом // Вестник Забайкальского государственного университета. 2011. № 3. С. 30–34.

22. Овсейчук В. А. Геолого-экономическая оценка запасов рудных урановых месторождений в условиях рыночной экономики // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 10. С. 15–24.

23. Steps for Preparing Uranium Production Feasibility Studies: A Guidebook. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1996. – 120 p.

24. Dou S. et al. Economic feasibility valuing of deep mineral resources based on risk analysis: Songtao manganese ore - China case study // Resour. Policy. 2020. Vol. 66. P. 101612.

25. Liu D., Li G., Hu N. Application of Real Options on the Decision-Making of Mining Investment Projects Using the System Dynamics Method // IEEE Access. 2019. No. 7. P. 46785–46795.

26. Costa Peluzo B. M. T., Kraka E. Uranium: The Nuclear Fuel Cycle and Beyond // Int. J. Mol. Sci. 2022. Vol. 23, No 9. P. 4655.

27. Титов А. Н., Тазиева Р. Ф., Фадеева Е. П. Имитационное стохастическое моделирование чистого дисконтированного дохода и риска инвестиционного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20, № 19. С. 88–92.

28. Dzobelova V. et al. Main Trends in Investment Risk Management // Reliab. Theory Appl. 2024. Vol. 19, No SI 6 (81). P. 1074–1079.

A methodological approach to the economic assessment of the mineral resource potential of uranium deposits

Kildiushov E.V., Marinina O.A., Lyubek Yu.V.
Saint Petersburg Mining University

JEL classification: B00, D20, E22, E44, L23, L51, L52, □11, □20, □30, Z33

The article is devoted to the development of a methodological approach to the economic assessment of the mineral resource potential of uranium deposits, taking into account the variability of cut-off parameters and deposit development conditions. The relevance of the study is determined by the involvement of uranium deposits with more complex geological and mining conditions in development, decreasing ore grades, increasing costs of mining and processing, as well as the high differentiation of reserves by production cost and the sensitivity of the volume of economically recoverable resources to changes in prices and deposit development conditions. The aim of the study is to develop a methodological approach to the economic assessment of the mineral resource potential of uranium deposits using methods of stochastic analysis of cut-off parameters. An algorithm for stochastic assessment of the mineral resource potential based on the variability of cut-off parameters using the Monte Carlo method has been developed. The proposed approach makes it possible to perform a probabilistic assessment of economically recoverable uranium ore reserves and to periodically revise cut-off parameters under changing geological, technological, economic, and infrastructure conditions of deposit development.

Keywords: mineral resource potential, uranium deposits, economic assessment, methodological approach, cut-off parameters.

References

1. Khan I. et al. Role of alternative and nuclear energy in stimulating environmental sustainability: impact of government expenditures // Environ. Sci. Pollut. Res. 2022. Vol. 29, No. 25. P. 37894–37905.
2. Ilyushin Yu. V., Martirosyan A. V. Analysis of pulse automatic control systems // Modern Science and Innovations. 2025. No. 1. P. 41–50.
3. Shannak S., Cochrane L., Bobarykina D. Global uranium market dynamics: analysis and future implications // Int. J. Sustain. Energy. 2025. Vol. 44, No. 1.
4. Todorova N. Uranium sector sensitivity to financial and geopolitical risks // Econ. Lett. 2025. Vol. 255. P. 112475.
5. Reimers N. F. Greening: Introduction to the problem field. 2nd ed. Moscow: URAO Publishing House, 1997. 132 p.
6. Mineral Resources // Mining Encyclopedia [Electronic resource]. Available at: http://www.mining-enc.ru/m/mineralnye-resursy (accessed: 30 March 2026).
7. Guidelines for Harmonization of Russian Reporting Standards and CRIRSCO Standards. CRIRSCO. Available at: https://crirsco.com/wp-content/uploads/2024/04/conversion_guidelines_final.pdf (accessed: 30 March 2026).
8. Ignatyeva M. N. et al. Assessing challenges and threats for balanced subsoil use // Environ. Dev. Sustain. 2021. Vol. 23, No. 12. P. 17904–17922.
9. Ignatyeva M., Yurak V., Dushin A. Valuating Natural Resources and Ecosystem Services: Systematic Review of Methods in Use // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 3. P. 1901.
10. Marinina O. A., Kildiushov E. V. Geological and Economic Assessment and Comparative Analysis of Uranium ore Deposits in Russia and Iran // Int. J. Eng. 2026. Vol. 39, No. 10. P. 2419–2433.
11. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 40 dated 7 March 1997 “On Approval of the Classifications of Mineral Reserves”.
12. Nuclear Energy Agency (NEA). Uranium 2024: Resources, Production and Demand. Paris: OECD Publishing, 2025.
13. Pashkevich N.V., Khloponina V.S., Pozdnyakov N.A., Avericheva A.A. Analysing the problems of reproducing the mineral resource base of scarce strategic minerals // Journal of Mining Institute. 2024. Vol. 270. C. 1004-1023.
14. Golik V.I., Marinin M.A. Practice of underground leaching of uranium in blocks // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2022. No. 6–1. P. 5–20.
15. Conceptual approaches to the valuation of mineral resources: Monograph / ed. by Prof. T. V. Ponomarenko. Saint Petersburg: Mediapapir, 2022. 120 p.
16. Shvets S. M. Theoretical and methodological issues of forecasting the value assessment of solid mineral deposits as a tool for ensuring the economic security of the mining sector // Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2009. No. 5. P. 44–47.
17. Ivanov V. G. Economic and technological classification of uranium ore reserves // Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 1999. No. 7. P. 245–246.
18. Dushin A. V. Management of the development of mineral resource potential // Proceedings of the Ural State Mining University. 2003. No. 17. P. 395–398.
19. Kosolapov O. V., Dushin A. V. Methodological tools for ensuring the completeness of non-renewable resource use under environmentally sustainable subsoil use // Proceedings of the Ural State Mining University. 2018. No. 2(50). P. 148–152.
20. Lementa O. Yu. Identification of reserve resources of balance ore reserves within ore bodies unprofitable for mining under current economic conditions // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2015. No. 4. P. 409–414.
21. Lementa O. Yu. Development of an algorithm for an economic and mathematical model to determine the efficiency of underground uranium ore deposit development // Bulletin of the Transbaikal State University. 2011. No. 3. P. 30–34.
22. Ovseychuk V. A. Geological and economic evaluation of uranium ore reserves under market economy conditions // Bulletin of the Transbaikal State University. 2021. Vol. 27, No. 10. P. 15–24.
23. Steps for Preparing Uranium Production Feasibility Studies: A Guidebook. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1996. 120 p.
24. Dou S. et al. Economic feasibility valuing of deep mineral resources based on risk analysis: Songtao manganese ore – China case study // Resour. Policy. 2020. Vol. 66. P. 101612.
25. Liu D., Li G., Hu N. Application of Real Options on the Decision-Making of Mining Investment Projects Using the System Dynamics Method // IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 46785–46795.
26. Costa Peluzo B. M. T., Kraka E. Uranium: The Nuclear Fuel Cycle and Beyond // Int. J. Mol. Sci. 2022. Vol. 23, No. 9. P. 4655.
27. Titov A. N., Tazieva R. F., Fadeeva E. P. Simulation stochastic modeling of net present value and investment project risk // Bulletin of the Kazan Technological University. 2017. Vol. 20, No. 19. P. 88–92.
28. Dzobelova V. et al. Main Trends in Investment Risk Management // Reliab. Theory Appl. 2024. Vol. 19, No. SI 6 (81). P. 1074–1079.

Кузбасс в новой реальности: вызовы и возможности для устойчивого развития ресурсных регионов России

Киреев Андрей Владимирович
аспирант, кафедра непроизводственной сферы и социальных технологий, Академия труда и социальных отношений, kireev.andrey33@gmail.com,

Клюкина Дина Владимировна
кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры туризма и социальных коммуникаций, Академия труда и социальных отношений, falileeva142@mail.ru,

Атласов Никита Евгеньевич
аспирант, кафедра непроизводственной сферы и социальных технологий, Академия труда и социальных отношений, nikitaatlas@yandex.ru

Статья обращена к вопросу набора вызовов и проблематики в рамках региона Кузбасса (Кемеровская область), анализируются принципы, а также дополнительно во внимание взяты уже действующие подходы формирования и регулирования совершенствования принципов и подходов к совершенствованию социальной жизни и экономических процессов в регионе Кемеровской области-Кузбасса. Анализ показал, что специфика региона, как ресурсодобывающего состоит в том, что угольная отрасль является важнейшим двигателем экономики и социальной политики региона, однако ввиду набора проблем выступает также «якорем», не позволяющем региону перейти к устойчивой диверсификационной модели долгосрочного и прогнозируемого развития. Отрицательное миграционное сальдо, отраженное в докладах аз 2025 г., все больше сказывается на устойчивости региона, так региону в кратчайшие сроки необходимо переходить к новой модели управления.
Ключевые слова: миграция, социально-экономическое развитие, Кузбасс, Кемеровская область, уголь, промышленность.

Введение

Современное социально-экономическое положение Кузбасса определяется сочетанием высокой сырьевой специализации и нарастающих ограничений внешней и внутренней среды. В течение длительного времени угольная отрасль обеспечивала региону промышленный рост, экспортную выручку и статус одного из ключевых индустриальных центров страны. Однако в середине 2020-х годов стало очевидно, что сама по себе опора на добычу и первичный вывоз сырья уже не гарантирует устойчивости. Исследователи отмечают, что зависимость Кемеровской области – Кузбасса от угольного комплекса усиливает чувствительность региона к колебаниям внешнего спроса, транспортным ограничениям и институциональным изменениям, а удаленность от основных экспортных направлений превращает логистику в один из центральных факторов развития. В этих условиях вопрос устойчивого развития региона следует рассматривать не как задачу поддержания прежней модели хозяйствования, а как задачу ее последовательного структурного пересмотра [1; 3].

Цель исследования – анализ современных направлений социально-экономического развития в регионе Кузбасс – Кемеровской области

Материалы и методы исследования. Анализ, синтез, обобщение, сравнение, классификация, наблюдение.

Результаты исследования

Комплексная оценка региона Кузбасса в рамках современных социальных потрясений и экономической перестройки мира позволяет проследить большой набор тенденционные особенностей. Так, одной из самых явных проблем выступает является не столько доминирование одной (угольной) отросли, а в том, что само доминирование прослеживается уже более 50 лет и конечный результат – это ограниченный рост в отдельно взятой отрасли региона. Централизованная модель обеспечивала количественный результат, однако, с другой стороны остальные отрасли экономики слабо стимулируются, в том числе в направлении сложных производственных цепочек, цепочек поставок и т.д. К.И. Бобко справедливо отмечает, что если в дальнейшем региональные власти Кемеровской области сохранят сырьевую доминацию региональной экономики, без развития сложно производимой конечной продукции и общего наращивания темпов технологического обновления – регион рискует перейти к нулевым экономическим результатам и не впишется в новую конфигурацию внутреннего и внешнего рынка [1; 3].

Немаловажную роль играет фактор логистики, доставки грузов и в целом весь транспортно-логистический комплекс. В первую очередь – это ограничение пропускной способности железных дорого, так по итогам 2025 г. отмечается снижение добычи на 7.6 млн. тонн, чем годом ранее. В данном случае, экспертное сообщество отмечает, что важнейшим препятствием является ограниченный уровень пропускной способности Восточного полигона РЖД, в эпоху перераспределения мощностей с запада на восток – эта проблема особенно остра проявилась в начале 2026 г. Т.Л. Ким показывает, что преодоление замкнутости требует от региональных властей перехода от схемы «вези или плати» на железной дороге, которая создает риски для экспортеров в условиях нестабильного мирового рынка, к широкому и диверсифицированному подходу с последующим усилением внутренних кооперационных связей, усилению связности с соседними регионами. Таким образом, устойчивое и долгосрочное развитие социально-экономической модели развития Кемеровской области зависит не только от инвестиций в угольный сектор экономики, как доминирующей движущей силы развития, но и от результативности и скорости транспортировки ресурсов до конечного потребителя [2].

Отдельного внимания требует состояние человеческого капитала региона, поскольку устойчивость Кузбасса определяется не только объемами добычи и экспорта, но и способностью территории удерживать население и трудовые ресурсы. По данным Кемеровостата, численность постоянного населения Кемеровской области – Кузбасса на 1 января 2025 г. составила 2 527 219 человек, при этом в региональной миграционной статистике сохраняется отрицательное сальдо. Одновременно в 2025 г. в угольной отрасли сократилась численность занятых, что дополнительно усиливает нагрузку на рынок труда [4]. Это означает, что проблема развития региона все более отчетливо выходит за пределы сырьевой специализации и включает задачи закрепления кадров, повышения качества городской среды и создания новых рабочих мест вне базового добывающего сектора.

Еще одним системным ограничением выступает экологическая нагрузка старопромышленной территории. В официальных материалах правительства Кузбасса к числу ключевых экологических проблем региона по-прежнему отнесены загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение и истощение водных объектов, а также образование отходов производства и потребления. Показательно, что даже в условиях кризиса угольной отрасли экологическая повестка не ушла на второй план: напротив, в 2025–2026 гг. власти региона продолжили акцентировать необходимость снижения выбросов и развития природоохранных мероприятий. Это позволяет сделать вывод о том, что для Кузбасса экологический вопрос уже давно вышел за пределы сугубо природоохранительной проблематики и напрямую связан с качеством жизни, состоянием городской среды и общей устойчивостью регионального развития [7].

Не менее значимой проблемой остается состояние коммунальной и городской инфраструктуры. В отчете главы региона по итогам 2025 г. отмечалось, что на обновление инфраструктуры ЖКХ было направлено 7,3 млрд руб., что позволило снизить количество коммунальных аварий на 16 %, однако средний износ сетей по области по-прежнему сохраняется на высоком уровне. Иначе говоря, даже при наличии бюджетных вложений регион пока решает прежде всего задачу стабилизации наиболее проблемных участков, а не полного обновления инфраструктурного каркаса. Для Кузбасса это имеет принципиальное значение, поскольку состояние теплоснабжения, водопроводных сетей, дорожной инфраструктуры и базовых городских сервисов непосредственно влияет не только на хозяйственную устойчивость, но и на готовность населения связывать свое будущее с территорией проживания [8].

Дополнительный риск связан с финансовой уязвимостью региональной модели. В течение 2025 г. власти Кузбасса неоднократно указывали на выпадение доходов областного бюджета вследствие кризиса в угольной отрасли: весной речь шла о недополучении 8,3 млрд руб., а к осени ожидаемые потери по итогам года оценивались уже примерно в 32 млрд руб. Такая динамика показывает, что сырьевая зависимость проявляется не только в производственной структуре экономики, но и в бюджетной системе региона, поскольку ухудшение конъюнктуры быстро отражается на возможностях финансировать инфраструктурные, социальные и инвестиционные задачи. Следовательно, диверсификация для Кузбасса выступает уже не только направлением стратегического развития, но и необходимым условием финансовой устойчивости в среднесрочной перспективе [9].

Особую сложность придает и внутрирегиональная неоднородность Кузбасса, значительная часть муниципалитетов которого сохраняет монопрофильный характер. На официальных региональных ресурсах подчеркивается, что в Кузбассе насчитывается 24 моногорода, то есть больше, чем в других субъектах Российской Федерации, а их градообразующая база по-прежнему во многом связана с угольной, металлургической и машиностроительной специализацией. Симптоматично, что в 2025–2026 гг. для части таких территорий начали формироваться отдельные планы комплексного инвестиционного развития и проекты, ориентированные на снижение зависимости от угольной промышленности. Это означает, что проблема устойчивого развития Кузбасса имеет не только общеобластной, но и ярко выраженный муниципальный уровень, а темпы адаптации региона будут напрямую зависеть от того, насколько успешно отдельные города смогут выйти из режима хронической монозависимости [10].

Перспективные направления устойчивого развития Кузбасса в современной научной литературе связываются прежде всего с ревитализацией старопромышленного региона и углублением диверсификации. Содержательно это означает переход от простой добычи и вывоза угля к формированию более сложной экономической структуры, в которой ключевую роль должны играть глубокая переработка сырья, развитие углехимической индустрии, внедрение научно-технологических решений, расширение смежных производств и повышение привлекательности территории для человеческого капитала. Такой подход позволяет рассматривать угольную отрасль не как единственный источник роста, а как основу для построения новых технологических цепочек, способных обеспечить более устойчивый и качественный эффект для регионального развития [3; 5].

Вместе с тем диверсификация экономики Кузбасса уже перестает быть исключительно декларативной установкой и получает конкретное институциональное наполнение. Регион последовательно наращивает инвестиции в несырьевые и перерабатывающие направления: в 2025 г. в туристическую отрасль было привлечено более 32 млрд руб. частных инвестиций, а за период действия территорий опережающего развития объем вложений достиг 15,5 млрд руб., что сопровождалось созданием 5,3 тыс. новых рабочих мест [6]. Существенное значение имеет и запуск в 2025 г. на базе КузГТУ Центра инженерных разработок по углехимии, который отражает стремление региона перейти от простой добычи к технологическому усложнению производственной базы. В результате диверсификация начинает рассматриваться не как отказ от индустриального профиля, а как его углубленная модернизация и расширение спектра точек роста.

В заключении следует обобщить все вышепредставленные результаты, так в настоящих условиях внешнего санкционного давления и коренной трансформации энергетических рынков Европы и Азии региону Кузбасс становится все сложнее поддерживать социальную динамику и экономическую стабильность. В число проблем регионального развития входит не только зависимость от сырья, набора инфраструктурных ограничений, но и также очень важный маркер социально-экономического развития региона, как миграция, которая по итогам 2025 г. составила отрицательные значения. Совокупность факторов, отраженных выше в конечном итоге выступают индикаторами, усиливающими уязвимость региональной экономической модели, так, чем быстрее региональные власти пойдут по пути диверсификации экономики – тем быстрее регион пройдет сложный путь перехода к сочетанию промышленной модернизации и укреплению человеческого потенциала.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что современный этап развития Кузбасса характеризуется исчерпанием потенциала прежней модели, в которой основным источником устойчивости считались масштабы добычи и экспортной специализации. В изменившихся условиях такая конструкция уже не обеспечивает достаточной защищенности от внешних шоков и не формирует необходимого качества внутреннего развития. По этой причине ключевым предметом научного и практического внимания становится не поддержание инерции, а поиск механизмов структурной адаптации региона.

В рамках Кемеровской области – Кузбасса устойчивое развитие в новой реальности должно быть связано с последовательной ревитализацией старопромышленной территории. Ее содержанием выступают диверсификация хозяйственной структуры, развитие перерабатывающих и высокотехнологичных направлений, укрепление транспортной связанности, а также создание условий для сокращения миграционного оттока и воспроизводства человеческого капитала. Иначе говоря, перспективы региона определяются не только состоянием угольной отрасли, но и способностью превратить накопленный промышленный потенциал в основу более сложной и сбалансированной экономики.

Литература

1. Бобко К.И., Затепякин О.А., Бобко Т.В. Отраслевая специализация Кемеровской области – Кузбасса: тенденции и проблемы, которые влияют на рост экономики и развитие региона // Вестник университета. 2024. № 9. С. 42–55. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-9-42-55.
2. Ким Т.Л., Меркурьев В.В., Косинский П.Д. Применение теории графов для анализа транспортной системы сибирской конурбации // Экономика и управление инновациями. 2025. № 3(34). С. 31–39. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-31-39.
3. Крюков В.А., Фридман Ю.А., Логинова Е.Ю., Речко Г.Н., Хохрина О. И. Стратегии развития Кузбасса в контексте концепции ревитализации старопромышленного региона // Экономика региона. 2024. Т. 20, № 4. С. 978–992. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-4-1.
4. Кудряшова И.А., Сляднев А.В., Востриков Е.В. Проблемы мобильности трудовых ресурсов в старопромышленных регионах России на примере Кузбасса // Экономика и управление инновациями. 2025. № 3(34). С. 82–90. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-82-90.
5. Логинов Д.Л. О формировании стратегических приоритетов углехимической индустрии Кемеровской области – Кузбасса // Экономика и управление. 2025. Т. 31, № 6. С. 782–793. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-6-782-793.
6. Старикова Л.Н. Развитие Кузбасса в условиях устойчивого оттока выпускников образовательных организаций // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2024. № 4(80). Ст. 8033.
7. Об утверждении государственной программы Кемеровской области – Кузбасса «Природопользование и охрана окружающей среды Кузбасса» : постановление Правительства Кемеровской области – Кузбасса от 07.11.2023 № 719 [Электронный ресурс] // Электронный бюллетень Правительства Кемеровской области – Кузбасса. URL: https://ako.ru/bulletin/330969 (дата обращения: 23.04.2026).
8. Губернатор Илья Середюк представил ежегодный отчет Парламенту Кузбасса [Электронный ресурс] // Администрация Промышленновского муниципального округа. 10.04.2026. URL: https://admprom.ru/news/%D0%B3%D1%83%D0%B1%D0%B5%D1%80

%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8E%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB-%D0%B5/ (дата обращения: 23.04.2026).

9. Бюджет Кузбасса в 2025 году недополучит 32 млрд рублей [Электронный ресурс] // ТАСС. 23.09.2025. URL: https://tass.ru/ekonomika/25128923 (дата обращения: 23.04.2026).

10. О моногородах Кузбасса [Электронный ресурс] // Инвестиционный портал Кузбасса. 18.03.2026. URL: https://kuzbass-invest.ru/ru/pages/69ba3d227c63b935090049cd (дата обращения: 23.04.2026).

Kuzbass in the new reality: challenges and opportunities for sustainable development of Russia's resource regions

Kireev A.V., Klyukina D.V., Atlasov N.E.
Academy of Labor and Social Relations

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article addresses the issue of a set of challenges and issues within the Kuzbass region (Kemerovo region), analyzes the principles, and additionally takes into account existing approaches to shaping and regulating the improvement of principles and approaches to improving social life and economic processes in the Kemerovo region-Kuzbass. The analysis showed that the specifics of the region as a resource producer is that the coal industry is the most important engine of the region's economy and social policy, however, due to a set of problems, it also acts as an "anchor" that prevents the region from moving to a sustainable diversification model of long-term and predictable development. The negative migration balance reflected in the az 2025 reports is increasingly affecting the region's sustainability, as the region needs to move to a new management model as soon as possible.

Keywords: migration, socio-economic development, Kuzbass, Kemerovo region, coal, industry.

References

1. Bobko K.I., Zatepyakin O.A., Bobko T.V. Industry specialization of the Kemerovo region - Kuzbass: trends and problems that affect economic growth and regional development // Bulletin of the University. 2024. No. 9. pp. 42–55. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-9-42-55.
2. Kim T.L., Merkuryev V.V., Kosinsky P.D. Application of graph theory to the analysis of the transport system of the Siberian conurbation // Economics and Innovation Management. 2025. No. 3(34). pp. 31–39. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-31-39.
3. Kryukov V.A., Fridman Yu.A., Loginova E.Yu., Rechko G.N., Khokhrina O.I. Development strategies of Kuzbass in the context of the concept of revitalization of the old industrial region // Economy of the region. 2024. Vol. 20, No. 4. pp. 978–992. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-4-1.
4. Kudryashova I.A., Slyadnev A.V., Vostrikov E.V. Problems of labor mobility in old industrial regions of Russia on the example of Kuzbass // Economy and innovation management. 2025. No. 3(34). pp. 82–90. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-82-90.
5. Loginov D.L. On the Formation of Strategic Priorities of the Coal Chemical Industry of the Kemerovo Region – Kuzbass // Economy and Management. 2025. Vol. 31, No. 6. Pp. 782–793. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-6-782-793.
6. Starikova L.N. Development of Kuzbass in the Context of a Steady Outflow of Graduates from Educational Organizations // Regional Economy and Management: Electronic Scientific Journal. 2024. No. 4(80). Art. 8033.
7. On approval of the state program of the Kemerovo Region – Kuzbass "Nature Management and Environmental Protection of Kuzbass": Resolution of the Government of the Kemerovo Region – Kuzbass dated 07.11.2023 No. 719 [Electronic resource] // Electronic Bulletin of the Government of the Kemerovo Region – Kuzbass. URL: https://ako.ru/bulletin/330969 (date of access: 23.04.2026).
8. Governor Ilya Seredyuk presented his annual report to the Parliament of Kuzbass [Electronic resource] // Administration of the Promyshlennovsky Municipal District. 10.04.2026. URL: https://admprom.ru/news/%D0%B3%D1%83%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8E%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB-%D0%B5/ (date of access: 23.04.2026).
9. Kuzbass budget will lose 32 billion rubles in 2025 [Electronic resource] // TASS. 09.23.2025. URL: https://tass.ru/ekonomika/25128923 (date of access: 04.23.2026).
10. About single-industry towns of Kuzbass [Electronic resource] // Kuzbass Investment Portal. 03.18.2026. URL: https://kuzbass-invest.ru/ru/pages/69ba3d227c63b935090049cd (date of access: 04.23.2026).

Теоретический анализ влияния миграции на социально-экономическое развитие регионов

Киреев Андрей Владимирович
аспирант, кафедра непроизводственной сферы и социальных технологий, Академия труда и социальных отношений, kireev.andrey33@gmail.com,

Клюкина Дина Владимировна
кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры туризма и социальных коммуникаций, Академия труда и социальных отношений, falileeva142@mail.ru,

Атласов Никита Евгеньевич
аспирант, кафедра непроизводственной сферы и социальных технологий, Академия труда и социальных отношений, nikitaatlas@yandex.ru

Настоящая статья посвящена анализу проблематики миграционных процессов и конечно эффекта влияния на социально-экономическое развитие в Российской Федерации на уровне региона. В статье также учитываются воздействие миграции на трудовые региональные рынки и конечный набор экономических метрик развития региональной экономической модели. Дополнительно было выявлено, что миграция, как феномен способствуют притоку не только рабочей силы, но и набору социального напряжения из-за различий в культурных или иных видах деятельности. Также отток человеческого капитала серьезно сказывается на конченом результат государственных социально-экономических программ развития региона в России. Конечным выводом является тот факт, что для успешного и долгосрочного развития необходим дифференцированный подход регулирования миграционных потоков, учитывающих не только социально-эконмическое состояние региона, но и конкретный набор особенностей отдельно взятого региона.
Ключевые слова: миграция, социально-экономическое развитие, поток, капитал, население.

Введение

Современная Российская Федерация (РФ) сталкивается с необходимостью комплексного анализа факторов, определяющих территориальное развитие ее регионов. Перемещение населения между различными территориями приобретает ключевое значение для функционирования множества отраслей народного хозяйства и социальной сферы. Динамика численности жителей, изменение возрастного состава населения, трансформация экономических параметров территорий – все эти характеристики напрямую зависят от интенсивности и направленности миграционных потоков. Структурные изменения, происходящие в регионах под воздействием притока или оттока мигрантов, затрагивают практически все аспекты жизнедеятельности общества. Демографическая ситуация, рынок труда, бюджетная обеспеченность субъектов федерации – каждый из этих элементов испытывает существенное воздействие миграционных явлений. Именно поэтому исследование взаимосвязи между территориальными перемещениями граждан и социально-экономическим положением российских регионов приобретает первостепенную важность для научного сообщества и органов государственного управления [1].

Цель исследования – теоретический анализ особенностей влияния миграции на социально-экономическое развитие регионов.

Материалы и методы исследования. Анализ, синтез, обобщение, сравнение, классификация, наблюдение. Фундаментом послужили эмпирические данные из публичных источников – результаты экспериментов, наблюдения специалистов, научные публикации исследователей.

Результаты исследования

В российской научной литературе миграция давно рассматривается не как простое механическое перемещение населения, а как процесс, затрагивающий рынок труда, демографическую структуру территории, систему доходов и качество человеческого капитала. Так, М.А. Троянская, анализируя понятие и виды миграции, показывает, что для территорий значение имеют не только масштабы перемещений, но и их направленность, продолжительность, цели и социально-экономические последствия [5]. Именно поэтому влияние миграции на регион нельзя сводить лишь к приросту или убыли населения: в действительности она меняет структуру занятости, нагрузку на инфраструктуру и перспективы воспроизводства трудовых ресурсов.

Д.Т. Козлов и А.В. Ханина подходят к проблеме с позиции национальной экономики и подчеркивают двойственный характер миграционных процессов. По их оценке, рост миграционных потоков может смягчать дефицит рабочей силы и поддерживать отдельные сегменты экономики, однако одновременно способен сопровождаться деформацией рынка труда, изменением структуры государственных расходов и расширением теневого сектора [3]. Для теоретического анализа это важно потому, что миграция в региональном развитии не обладает заранее заданным знаком: ее эффект зависит от того, какие именно группы населения перемещаются, в какие отрасли они включаются и насколько принимающая экономика готова к их интеграции.

Наиболее содержательно связь миграции и качества человеческого капитала раскрывают Е.Е. Письменная, С.В. Рязанцев, О.О. Смирнов, Т.Р. Мирязов и А.В. Смирнов. Авторы показывают, что для большинства субъектов Российской Федерации характерна миграционная убыль, а различия между регионами проявляются прежде всего в способности либо притягивать население с высоким уровнем образования, либо, напротив, терять его. Их вывод особенно значим для темы социально-экономического развития регионов: миграция перераспределяет не просто численность жителей, а образовательный, профессиональный и интеллектуальный потенциал [4]. Иначе говоря, один и тот же миграционный процесс может усиливать позиции территории, если она аккумулирует квалифицированные кадры, и ослаблять ее, если происходит устойчивое «вымывание» специалистов.

Вопрос о влиянии внутренней трудовой миграции на уровень развития региона в последние годы конкретизируют А.Ю. Анисимов, Р.А. Водолаженко, В.В. Дробот и К.К. Шевченко. Их работа важна тем, что выводит обсуждение из плоскости общих рассуждений и показывает: межрегиональная мобильность рабочей силы действительно связана с различиями в уровне развития субъектов, но сила этого влияния неодинакова [1]. Близкую по смыслу позицию занимает С.В. Турканова, исследующая

связь миграции с производительностью труда в регионах России. Ее вывод принципиален для теоретического анализа, так как влияние миграции зависит от отраслевой специализации территории, поэтому один и тот же приток населения может давать различный экономический результат в добывающих, обрабатывающих и смешанных по структуре регионах [6].

Вышеописанные результаты, также соотносятся с позицией А.А. Хубиева. Его труды, в том числе, анализируемая статья, посвященная широкому кругу проблем миграционных потоков, в том числе, что в современной рыночной экономической модели миграционные потоки не могут описываться, как частный демографический фактор, а как совокупная характеристика, коренным образом влияющая на социально-экономические процессы, как в Росси, так и в каждом отдельно взятом регионе. Описываемый им подход является действенным инструментом, который позволяет проследить крайне важную закономерность того, что миграция не просто индикатор различий региональных экономических моделей и их конечной эффективности, но и также способна закреплять и усиливать различия. Регионы, способные предложить лучший набор услуг и рабочих мест становятся точкой притяжения многочисленных классов людей, что в видимой перспективе еще сильнее усилит различия между регионами внутри конкретной страны [7].

Тем самым в современной литературе постепенно складывается более точное понимание природы миграции. М.А. Троянская задает понятийную рамку и показывает многообразие видов миграции; Д.Т. Козлов и А.В. Ханина акцентируют ее противоречивый экономический эффект; Е.Е. Письменная и ее соавторы выводят проблему на уровень человеческого капитала; А.Ю. Анисимов с соавторами и С.В. Турканова демонстрируют, что последствия миграции различаются по типам регионов и по их отраслевой структуре; А.А. Хубиев связывает миграционную динамику с общими параметрами социально-экономического развития страны. За счет этого теоретический анализ уходит от упрощенной схемы «приток – благо, отток – ущерб» и переходит к более сложной модели, в которой решающими становятся качество миграционного потока, структура принимающей экономики и способность территории удерживать и использовать человеческий капитал.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что миграция оказывает комплексное и разнонаправленное воздействие на социально-экономическое развитие регионов. Она может выступать источником компенсации дефицита трудовых ресурсов, повышения экономической активности и обновления человеческого капитала, однако при неблагоприятной структуре потоков или слабой адаптационной способности территории способна усиливать пространственное неравенство, провоцировать отток квалифицированного населения и ослаблять демографическую устойчивость отдельных субъектов. Поэтому оценка влияния миграции должна строиться не на абстрактных усредненных показателях, а на учете конкретных характеристик территории, в том числе ее экономической специализации, состояния рынка труда, уровня социальной инфраструктуры и качества жизни.

В целом, в научном и прикладном отношении вышеописанные результаты означают, что Россия подошла к необходимости коренного пересмотра модели управления социально-экономическими процессами в сторону диверсификации регулирования миграционных процессов. На первый план сегодня выходит не общий объем притока трудоспособного населения, а именно конечная результативность и экономический вклад отдельного индивида в общую экономическую с социальную жизнь региона. Только при сочетании действенных регуляторных механизмов миграции и сбалансированной экономической политики отдельно взятый регион способен укрепить свою социально-экономическую политику.

Литература

1. Анисимов А.Ю., Водолаженко Р.А., Дробот В.В., Шевченко К.К. Оценка влияния внутренней миграции рабочей силы на уровень развития региона с использованием теста Манна–Уитни // Экономика труда. 2025. Т. 12, № 5. С. 753–768. DOI: 10.18334/et.12.5.123056.

2. Вяткина Е.Д., Иванова А.Е. Влияние миграции на социально-экономическое развитие региона // Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы X Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 18–19 апреля 2024 года. Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2024. С. 54–55.

3. Козлов Д. Т., Ханина А. В. Анализ влияния миграционных потоков на национальную экономику (на примере Российской Федерации, стран Закавказья и Средней Азии) // Экономические отношения. 2023. Т. 13, № 2. С. 355–372. DOI: 10.18334/eo.13.2.117901.

4. Письменная Е.Е., Рязанцев С.В., Смирнов О.О., Мирязов Т.Р., Смирнов А.В. Влияние миграции на человеческий капитал и интеллектуальный потенциал населения регионов Российской Федерации // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2022. Т. 15, № 2. С. 7–23. DOI: 10.17213/2075-2067-2022-2-7-23.

5. Троянская М. А. Миграция населения: понятие, виды и значение для территорий // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2021. Т. 10, № 2(35). С. 356–360.

6. Турканова С. В. Региональные особенности влияния миграции на производительность труда в России // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2025. № 2(114). С. 77–91. DOI: 10.24866/2311-2271/2025-2/1913.

7. Хубиев А. А. Динамика миграционных потоков и их воздействие на социально-экономическое развитие Российской Федерации // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16, № 2. С. 1-9

Theoretical analysis of the impact of migration on the socio-economic development of regions

Kireev A.V., Klyukina D.V., Atlasov N.E.
Academy of Labor and Social Relations

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article analyzes migration issues and their impact on socioeconomic development in the Russian Federation at the regional level. It also considers the impact of migration on regional labor markets and a final set of economic metrics for the development of a regional economic model. It was further revealed that migration, as a phenomenon, contributes not only to labor influx but also to social tensions due to differences in cultural and other activities. The outflow of human capital also significantly impacts the outcome of state socioeconomic development programs in Russia. The final conclusion is that successful and long-term development requires a differentiated approach to regulating migration flows, taking into account not only the socioeconomic status of the region but also the specific characteristics of each region.

Keywords: migration, socio-economic development, flow, capital, population.

References

1. Anisimov A. Yu., Vodolazhenko R. A., Drobot V. V., Shevchenko K. K. Assessing the Impact of Internal Labor Migration on the Level of Regional Development Using the Mann–Whitney Test // Labor Economics. 2025. Vol. 12, No. 5. pp. 753–768. DOI: 10.18334/et.12.5.123056.
2. Vyatkina E. D., Ivanova A. E. The Impact of Migration on the Socioeconomic Development of a Region // Strategies for the Development of Social Communities, Institutions, and Territories: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference. Ekaterinburg, April 18–19, 2024. Ekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, 2024. pp. 54–55.
3. Kozlov D. T., Khanina A. V. Analysis of the Impact of Migration Flows on the National Economy (using the Russian Federation, Transcaucasia, and Central Asia as an Example) // Economic Relations. 2023. Vol. 13, No. 2. pp. 355–372. DOI: 10.18334/eo.13.2.117901.
4. Pismennaya E. E., Ryazantsev S. V., Smirnov O. O., Miryazov T. R., Smirnov A. V. The Impact of Migration on Human Capital and Intellectual Potential of the Population of the Regions of the Russian Federation // Bulletin of the South-Russian State Technical University (NPI). Series: Social and Economic Sciences. 2022. Vol. 15, No. 2. pp. 7–23. DOI: 10.17213/2075-2067-2022-2-7-23.
5. Troyanskaya M. A. Population Migration: Concept, Types, and Significance for Territories // Azimuth of Scientific Research: Economics and Management. 2021. Vol. 10, No. 2(35). Pp. 356–360.
6. Turkanova S. V. Regional Features of the Impact of Migration on Labor Productivity in Russia // Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2025. No. 2(114). Pp. 77–91. DOI: 10.24866/2311-2271/2025-2/1913.
7. Khubiev A. A. Dynamics of migration flows and their impact on the socio-economic development of the Russian Federation // Bulletin of Eurasian Science. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 1-9

Цифровая трансформация и операционная эффективность предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана

Койменкеев Дулат
магистрант, Чунцинский Педагогический Университет,
dulatkoimenkeev@gmail.com

Влияние цифровой трансформации на результаты деятельности предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана остается изученным не в полной мере, хотя в научной и управленческой повестке этот фактор обычно рассматривается как один из ключевых источников повышения конкурентоспособности. Цель исследования заключается в эмпирической оценке связи между уровнем цифровизации и операционной эффективностью предприятий на основе данных 200 организаций за 2019–2023 годы. В работе использованы опрос руководителей и менеджеров, анализ финансовой отчетности и регрессионный анализ панельных данных. Для измерения уровня цифровой трансформации применялся интегральный индекс цифровизации, а операционная эффективность оценивалась с помощью отраслево скорректированного индекса, отражающего соотношение затрат и выручки. Выборка была стратифицирована по размеру предприятий и подотраслям и включала крупные, средние и малые организации пищевой, металлургической, машиностроительной, химической и легкой промышленности. Полученные результаты свидетельствуют о статистически значимой положительной связи между цифровизацией и операционной эффективностью: увеличение индекса цифровизации на 10% сопровождается ростом операционной эффективности в среднем на 2,3%. Вместе с тем сила эффекта неодинакова для разных групп предприятий и наиболее отчетливо проявляется в сегменте крупного бизнеса. Это позволяет сделать вывод о том, что цифровая трансформация действительно способствует повышению эффективности, однако ее результативность определяется масштабом предприятия, ресурсной базой и степенью зрелости управленческих процессов. Ограничения исследования связаны с возможной субъективностью анкетных оценок и ограниченным охватом микропредприятий.

Ключевые слова: цифровая трансформация, операционная эффективность, обрабатывающая промышленность, казахстан, регрессионный анализ, панельные данные, индекс цифровизации, производительность труда.

Введение

Обрабатывающая промышленность Казахстана находится в ситуации, когда вопросы модернизации производства напрямую связаны с качеством управления, скоростью внедрения технологий и способностью предприятий адаптироваться к меняющейся конкурентной среде. В этих условиях цифровая трансформация рассматривается не как факультативное направление развития, а как один из факторов, способных повлиять на издержки, производительность и устойчивость бизнеса. Вместе с тем практическая результативность цифровизации не всегда получает достаточное эмпирическое подтверждение, особенно если речь идет не о национальной экономике в целом, а о конкретных предприятиях и их операционных показателях.

Анализ научной литературы показывает, что в большинстве работ цифровая трансформация промышленности описывается как безусловно позитивный процесс, связанный с ростом гибкости производства, улучшением управленческих решений и расширением технологических возможностей [1; 2]. Однако при переходе от общих оценок к измерению реального экономического эффекта возникает дефицит надежных данных. В частности, исследования, посвященные казахстанской промышленности, чаще фиксируют тенденции, инфраструктурные предпосылки и потенциальные преимущества цифровизации, чем оценивают ее влияние на операционные результаты на уровне предприятия.

Так, в работах Аубакировой Г.М. и Исатаевой Ф.М. [1], а также Аубакировой Г.М., Исатаевой Ф.М. и Куатовой А.С. [2] подробно рассматриваются факторы и перспективы цифровизации промышленного сектора Казахстана, однако количественная оценка ее влияния на эффективность предприятий остается за пределами анализа. Притворова Т.П., Абзалбек Е.Ж. и Кизимбаева А. [3] показывают развитие IT-услуг как важной основы цифровой модернизации, но их выводы относятся прежде всего к макроэкономическому уровню. В результате сохраняется разрыв между представлениями о пользе цифровизации и оценкой того, как она влияет на повседневную деятельность конкретных промышленных организаций.

Сходная ситуация прослеживается и в зарубежных публикациях. Владислав С.Б. [5] связывает цифровую трансформацию промышленных предприятий с экономическим ростом, однако рассматривает проблему преимущественно в широком экономическом контексте. Павлов А.А. [6] акцентирует внимание на стратегических аспектах цифровой трансформации и подчеркивает, что технологические изменения требуют перестройки управленческих подходов. Ижу Л. и Авдокушин Е.Ф. [9], анализируя формирование «Цифрового шелкового пути», раскрывают глобальное измерение цифровых процессов. При всей значимости этих работ вопрос о том, как цифровизация отражается на операционной эффективности предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана, остается недостаточно проработанным.

Таким образом, в научном поле сформировалось очевидное противоречие. С одной стороны, цифровая трансформация рассматривается как источник роста эффективности и устойчивости промышленного бизнеса. С другой стороны, эмпирические исследования, основанные на панельных данных предприятий и позволяющие оценить величину этого эффекта, представлены крайне ограниченно. Особенно заметен недостаток работ, в которых учитывались бы различия между предприятиями разного масштаба и отраслевой принадлежности.

Цель настоящего исследования состоит в эмпирической оценке влияния цифровой трансформации на операционную эффективность предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: сформировать интегральный индекс цифровизации предприятий; рассчитать индекс операционной эффективности с учетом отраслевой специфики; построить регрессионную модель на панельных данных за 2019–2023 годы; определить, насколько выражен эффект цифровизации для предприятий разного размера и различных подотраслей. Особое внимание уделяется тому, как соотносятся технологические изменения и возможности предприятий извлекать из них реальную экономическую отдачу.

Научная новизна работы заключается в том, что влияние цифровой трансформации на операционную эффективность рассматривается на панельных данных 200 предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана за пятилетний период. В исследовании учитываются размер предприятия, подотраслевая принадлежность и временной фактор, что

позволяет перейти от общих рассуждений о пользе цифровизации к более точной оценке ее прикладного эффекта. Кроме того, в работе сопоставляются данные анкетирования и показатели финансовой отчетности, что дает возможность связать управленческие и технологические характеристики предприятий с их операционными результатами.

Следует отметить, что эффект цифровой трансформации не обязательно проявляется сразу и в одинаковой форме у всех участников рынка. Международные исследования указывают на то, что отдача от цифровых инвестиций зависит от зрелости управленческих процессов, качества кадрового обеспечения и способности предприятий интегрировать отдельные технологические решения в единую систему [5; 6]. Для казахстанской промышленности этот вопрос особенно важен, поскольку предприятия существенно различаются по доступу к ресурсам, степени технологической оснащенности и уровню организационной гибкости.

С учетом этого исследовательский вопрос может быть сформулирован следующим образом: как именно и в какой степени цифровая трансформация влияет на операционную эффективность предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана в зависимости от их размера и отраслевой принадлежности? Ответ на этот вопрос важен не только для развития научного знания, но и для выработки более адресных управленческих решений в промышленной политике и корпоративной практике.

Материалы и методы исследования

Эмпирическую основу исследования составили данные по 200 предприятиям обрабатывающей промышленности Казахстана. Выборка формировалась по стратифицированной схеме и включала пять подотраслей: пищевую промышленность, металлургию, машиностроение, химическую и легкую промышленность. Дополнительным критерием стратификации выступал размер предприятия. В результате в выборку вошли 80 крупных предприятий, 70 средних и 50 малых. Такой подход позволил обеспечить сопоставимость подгрупп и проанализировать, различается ли эффект цифровой трансформации в зависимости от масштаба бизнеса.

Сбор информации проводился по двум основным направлениям. Первое направление представляло собой анкетирование руководителей и менеджеров предприятий. Анкета включала вопросы, связанные с использованием цифровых решений в производстве и управлении, уровнем автоматизации, наличием ERP- и MES-систем, цифровизацией логистики, а также применением цифровых каналов продаж. Второе направление было связано с анализом финансовой отчетности предприятий за 2019–2023 годы. Это позволило совместить субъективные оценки уровня цифровизации с объективными показателями хозяйственной деятельности.

В качестве ключевой независимой переменной использовался интегральный индекс цифровизации. Он формировался на основе пяти компонентов: автоматизация производственных процессов, использование ERP-систем, внедрение MES-систем, цифровизация логистики и доля цифровых каналов продаж. Такой подход дал возможность представить цифровую трансформацию не как единичное технологическое решение, а как совокупность взаимосвязанных изменений, затрагивающих производственные, управленческие и сбытовые контуры предприятия.

Зависимой переменной выступал индекс операционной эффективности. Он рассчитывался как соотношение затрат к выручке с последующей корректировкой на отраслевую специфику, что позволило избежать прямого сопоставления предприятий с различной структурой издержек. Индекс был нормирован таким образом, чтобы его рост отражал повышение операционной эффективности. В качестве дополнительных показателей учитывались производительность труда и отдельные финансовые характеристики, позволяющие уточнить интерпретацию результатов.

Для анализа использовалась панельная регрессионная модель на данных за 2019–2023 годы. В модель были включены контрольные переменные, отражающие размер предприятия, подотраслевую принадлежность, возраст организации, экспортную ориентацию и уровень конкурентного давления. Выбор регрессионной спецификации осуществлялся с учетом необходимости контролировать ненаблюдаемую гетерогенность предприятий. По итогам предварительных проверок в качестве базовой была использована модель с фиксированными эффектами, поскольку она позволяла более корректно учитывать устойчивые индивидуальные особенности предприятий, не отраженные напрямую в наблюдаемых переменных.

Все расчеты выполнялись в среде Stata. Для проверки устойчивости результатов применялись альтернативные спецификации модели, включая варианты с лаговыми переменными и раздельным включением компонентов индекса цифровизации. Качественно результаты не изменились, что позволяет говорить об их достаточной устойчивости. В то же время необходимо учитывать ограничения исследования. Во-первых, анкетные данные могут содержать элементы субъективности, связанные с тем, как респонденты оценивают уровень цифровизации своих предприятий. Во-вторых, выборка не охватывает микропредприятия и неформальный сектор, что ограничивает возможность распространения выводов на всю совокупность производителей. Тем не менее сочетание панельных данных, финансовой отчетности и стратифицированной выборки позволяет рассматривать полученные результаты как репрезентативные для формального сектора обрабатывающей промышленности Казахстана.

Результаты и обсуждения

Результаты регрессионного анализа показывают, что между уровнем цифровизации и операционной эффективностью предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана существует статистически значимая положительная связь. Коэффициент при интегральном индексе цифровизации в базовой модели оказался положительным и значимым на уровне $p < 0.05$. В интерпретации прикладного эффекта это означает, что увеличение индекса цифровизации на 10% сопровождается ростом операционной эффективности в среднем на 2,3%. Следовательно, цифровая трансформация действительно может рассматриваться как фактор улучшения операционных результатов, однако этот эффект не является одинаковым для всех предприятий.

Наиболее выраженная положительная связь обнаружена в группе крупных предприятий. Для них коэффициент регрессии составил 0.041 при уровне значимости $p < 0.01$. Это указывает на то, что крупные производственные организации в большей степени способны преобразовывать цифровые инвестиции в реальные операционные преимущества. Вероятно, такая ситуация связана с эффектом масштаба, более развитой инфраструктурой управления, наличием кадровых и финансовых ресурсов, а также возможностью интегрировать цифровые инструменты не точечно, а системно.

У средних предприятий влияние цифровизации также оказалось статистически значимым, хотя и менее выраженным: коэффициент составил 0.028 при $p < 0.05$. Это позволяет говорить о наличии положительного эффекта, но более умеренного по сравнению с крупным бизнесом. В данном случае цифровая трансформация, по-видимому, уже способствует улучшению операционных показателей, однако предприятия этого сегмента чаще сталкиваются с ограничениями по масштабу инвестиций, скорости перестройки процессов и доступу к специализированным управленческим решениям.

Для малых предприятий статистически значимой связи выявлено не было. Коэффициент составил 0.009 при $p > 0.1$, что не позволяет утверждать о наличии устойчивого влияния цифровизации на операционную эффективность в рамках рассматриваемой выборки. Такой результат не означает, что цифровые решения для малого бизнеса бесполезны. Скорее, он свидетельствует о том, что их внедрение нередко носит фрагментарный характер и не сопровождается глубокой перестройкой производственных и управленческих процессов. В этих условиях отдельные цифровые инструменты могут улучшать частные функции, но не обязательно приводят к заметному изменению совокупных операционных показателей.

Полученные результаты согласуются с выводами ряда исследователей о том, что отдача от цифровой трансформации зависит от накопленного уровня цифровой зрелости и способности предприятия встроить технологии в целостную управленческую систему [5; 6]. Если цифровизация ограничивается отдельными решениями без интеграции в производственный контур, ее эффект оказывается слабее. Напротив, системное внедрение цифровых инструментов позволяет предприятиям сокращать издержки, ускорять процессы и повышать управляемость операций.

Дополнительный анализ показал, что эффект цифровизации имеет выраженное временное измерение. Предприятия, начавшие активное внедрение цифровых решений раньше, демонстрировали более устойчивое улучшение операционной эффективности к концу рассматриваемого периода. Это позволяет предположить наличие временного лага между началом цифровой трансформации и проявлением ее операционных результатов. Подобная логика соответствует представлению о том, что технологические изменения требуют времени для организационного освоения, обучения персонала и адаптации управленческих механизмов.

Для наглядного представления ключевых количественных результатов регрессионного анализа ниже приведена сводная таблица.

Как видно из таблицы, наибольшая объясняющая способность модели достигается в группе крупных предприятий, где цифровизация выступает одним из заметных факторов операционной эффективности. У средних предприятий модель также демонстрирует приемлемое качество

объяснения. В сегменте малых предприятий показатель R^2 существенно ниже, что указывает на большую роль иных факторов, не сводимых к уровню цифровизации. В этом случае на результаты деятельности могут сильнее влиять особенности рыночной ниши, ограниченность финансовых ресурсов, кадровый дефицит и нестабильность внешней среды.

Отдельного внимания заслуживает отраслевая дифференциация эффекта. По имеющимся данным, более выраженная отдача от цифровой трансформации наблюдается в пищевой промышленности и машиностроении. Это может быть связано с более высокой стандартизируемостью процессов и возможностью быстрее интегрировать цифровые решения в производственные циклы. В легкой промышленности эффект оказался менее выраженным, что, вероятно, связано с высокой долей ручного труда и большей вариативностью производственного процесса. Тем самым результаты подтверждают, что влияние цифровизации определяется не только размером предприятия, но и особенностями конкретной подотрасли.

В целом проведенный анализ позволяет сделать вывод о нелинейном и неоднородном характере влияния цифровой трансформации на операционную эффективность. Положительный эффект в выборке присутствует, однако его масштаб зависит от того, насколько предприятие готово к системному внедрению технологий и располагает ресурсами для организационного сопровождения цифровых изменений. Следовательно, цифровая трансформация не должна рассматриваться как универсальный автоматический источник повышения эффективности. Ее результаты проявляются там, где цифровые решения встроены в управленческую и производственную логику предприятия.

Выводы

Проведенное исследование подтвердило наличие статистически значимой положительной связи между уровнем цифровизации и операционной эффективностью предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана. На панельных данных за 2019–2023 годы установлено, что рост интегрального индекса цифровизации сопровождается улучшением операционных показателей, выражающимся в более эффективном соотношении затрат и выручки с учетом отраслевой специфики. Тем самым основная гипотеза исследования получила эмпирическое подтверждение.

Вместе с тем влияние цифровой трансформации оказалось неодинаковым для разных групп предприятий. Наиболее выраженный эффект зафиксирован у крупных организаций, для которых цифровизация выступает значимым фактором роста операционной эффективности. У средних предприятий эффект также присутствует, однако его величина ниже. В группе малых предприятий статистически значимой связи обнаружено не было, что указывает на ограниченность отдачи от фрагментарных цифровых решений при недостатке ресурсов и управленческой инфраструктуры.

Полученные результаты позволяют утверждать, что сама по себе цифровизация не гарантирует повышения эффективности. Существенное значение имеет характер ее внедрения. Наибольшую отдачу дают не единичные технологические решения, а комплексные изменения, затрагивающие производственные процессы, управленческие контуры и логистику предприятия. В этом смысле цифровая трансформация выступает не только технологическим, но и организационным процессом.

Практический вывод исследования состоит в необходимости более дифференцированного подхода к поддержке цифровизации в промышленности. Для крупных предприятий приоритетом может быть углубление системной интеграции цифровых решений. Для средних и малых организаций более актуальны меры, снижающие барьеры входа в цифровую трансформацию: развитие доступной цифровой инфраструктуры, повышение квалификации персонала, тиражирование типовых решений, финансовые и консультационные механизмы поддержки. Без такой адресной настройки разрыв в цифровой зрелости между сегментами бизнеса может сохраняться и усиливаться.

Следует учитывать и ограничения проведенного исследования. Выборка не охватывает микропредприятия и неформальный сектор, а часть данных о цифровизации основана на ответах респондентов, что не исключает субъективности оценок. Кроме того, пятилетний временной интервал достаточен для выявления общей зависимости, но не позволяет в полной мере проследить долгосрочный накопительный эффект цифровых инвестиций. В связи с этим дальнейшие исследования целесообразно направить на расширение панели наблюдений, более детальный анализ отдельных технологий и включение в выборку предприятий иных отраслей экономики.

Таким образом, цифровая трансформация в целом способствует повышению операционной эффективности предприятий обрабатывающей промышленности Казахстана, однако ее результативность определяется масштабом предприятия, отраслевой спецификой и способностью бизнеса превратить технологические решения в устойчивые организационные изменения.

Литература

1. Аубакирова Г.М., Исатаева Ф.М. // Цифровизация промышленности казахстана: факторы, тенденции, перспективы // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11. № 1
2. Аубакирова Г.М., Исатаева Ф.М., Куатова А.С. // Цифровизация промышленных предприятий казахстана: потенциальные возможности и перспективы // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 4
3. Притворова Т.П., Абзалбек Е.Ж., Кизимбаева А. // It-услуги в казахстане: динамика и возможности цифровизации промышленности // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 11
4. Миллер А., Давиденко Л. // Трансформация научно-технологических и финансовых рисков технологической интеграции предприятий обрабатывающей промышленности // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2021. Т. 10. № 2
5. Владислав С.Б. // Цифровая трансформация промышленных предприятий и экономический рост // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2023. Т. 25. № 4
6. Павлов А.А. // Стратегические аспекты цифровой трансформации современных организаций: управленческий подход // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 4S
7. Олег В.Д., Николай С.К. // Адаптация некоторых бизнес-процессов промышленных предприятий в условиях кризиса // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2022. Т. 1. № 3-4 (3)
8. Миллер А., Давиденко Л. // Структурно-функциональный подход к исследованию технологической интеграции // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2019. № 3
9. Ижу Л., Авдокушин Е.Ф. // Формирование основ «Цифрового шелкового пути» // Мир новой экономики. 2019. № 4
10. Чудаев, А. В. Системное управление инновационной деятельностью крупного производственного комплекса / А. В. Чудаев // Интеграл. – 2011. – № 3. – С. 86-87. – EDN ONTUXF.

Digital transformation and operational efficiency of manufacturing enterprises in Kazakhstan

Koimenkeyev D.

Chongqing Normal University (Chongqing, China)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The impact of digital transformation on the operational efficiency of manufacturing enterprises in Kazakhstan has not yet been studied in sufficient empirical detail, despite the widespread assumption that digitalization improves business performance. The purpose of this study is to evaluate the relationship between the level of digitalization and operational efficiency using data from 200 enterprises observed in 2019–2023. The methodology combines a survey of managers, analysis of financial statements, and panel data regression. An integral digitalization index was used to measure the level of digital transformation, while operational efficiency was assessed through an industry-adjusted index based on the cost-to-revenue ratio. The sample was stratified by enterprise size and manufacturing subsector and included large, medium-sized, and small firms operating in the food, metallurgy, machinery, chemical, and light industries. The results indicate a statistically significant positive relationship between digitalization and operational efficiency: a 10% increase in the digitalization index is associated with an average 2.3% improvement in operational efficiency. At the same time, the effect is uneven across enterprise groups and is most pronounced among large firms. The findings suggest that digital transformation does contribute to higher efficiency, but its returns depend on firm size, resource capacity, and the maturity of managerial practices. The main limitations of the study are the possible subjectivity of survey responses and the limited coverage of micro-enterprises.

Keywords: digital transformation, operational efficiency, manufacturing industry, Kazakhstan, regression analysis, panel data, digitalization index, labor productivity.

References

1. Aubakirova G.M., Isataeva F.M. // TSifrovizatsiya promyshlennosti kazakhstana: faktory, tendentsii, perspektivy // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. 2021. T. 11. № 1
2. Aubakirova G.M., Isataeva F.M., Kuatova A.S. // TSifrovizatsiya promyshlennykh predpriyatiy kazakhstana: potentsial'nye vozmozhnosti i perspektivy // Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2020. T. 10. № 4
3. Pritvorova T.P., Abzalbek YE.ZH., Kizimbaeva A. // It-uslugi v kazakhstane: dinamika i vozmozhnosti tsifrovizatsii promyshlennosti // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. 2020. T. 10. № 11
4. Miller A., Davidenko L. // Transformatsiya nauchno-tekhnologicheskikh i finansovykh riskov tekhnologicheskoy integratsii predpriyatiy obrabatyvayushchey promyshlennosti // Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologiy. 2021. T. 10. № 2
5. Vladislav S.B. // TSifrovaya transformatsiya promyshlennykh predpriyatiy i ekonomicheskiy rost // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. 2023. T. 25. № 4

Цифровая трансформация строительной отрасли: внедрение систем управления проектами (MS Project, Primavera, Spider Project и др.)

Крашенинников Владимир Михайлович
аспирант, Государственный университет управления,
vld.krasheninnikov@gmail.com

В статье производится исследование эффективности внедрения систем управления проектами в процессе цифровой трансформации строительной отрасли. Актуальность работы обусловлена сохраняющимся отставанием строительной сферы по показателям производительности и широким распространением практики превышения сроков и бюджета строительных проектов. В данном исследовании проведен сравнительный анализ функциональных возможностей с экономической эффективностью ведущих систем управления проектами, включая MS Project, Primavera P6, Spider Project. Методологическая основа включала анализ статистических данных Росстата, результаты внедрения в 45 строительных компаниях, экспертные оценки, свидетельствующие об эффективности использования данной системы. Установлено, что комплексное внедрение систем управления проектами сокращает сроки реализации проектов на 18-25 %, снижает перерасход бюджета на 15-22 %, повышает производительность труда на 30-35 %. На основе полученных эмпирических данных была разработана авторская модель выбора системы управления проектами, включающая блоки анализа определенных требований, оценки функциональности, расчета экономической эффективности, а также планирования внедрения. Практическая значимость исследования заключается в процессе формирования научно обоснованного инструментария в целях оптимизации процессов цифровизации управления проектами в строительных организациях.

Ключевые слова: MS Project, Primavera, Spider Project, цифровая трансформация, строительная отрасль, управление проектами, строительные компании.

Введение

Строительная отрасль относится к менее цифровизированному сектору российской экономики. Строительство демонстрирует один из наиболее низких показателей производительности труда среди всех отраслей мировой экономики. За последние 20 лет производительность в строительстве возросла всего на 1% в год, по сравнению с показателем 2,8% в целом, касаемо мировой экономики и составляет 3,6% в обрабатывающей промышленности. Российская строительная отрасль постоянно сталкивается с системными проблемами. Согласно данным Росстата, 73% строительных проектов завершаются с превышением сроков, а 45% строительных проектов - с превышением бюджета [11].

Цифровая трансформация строительной отрасли – это комплексный процесс внедрения цифровых технологий, направленный на коренное улучшение показателей эффективности. Основополагающим элементом данной трансформации является система управления проектами, которая позволяет перейти от традиционных методов управления к подходам, которые основаны на данных «data-driven», но, однако, согласно исследованиям, только 25% российских строительных компаний системно используют специализированное программное обеспечение для управления проектами [7].

Цель исследования - провести комплексный анализ эффективности внедрения систем управления проектами в строительной отрасли, а также разработка практических рекомендаций, направленных на выбор и внедрение.

Задачи исследования:

1. Проведение сравнительного анализа функциональных возможностей основных систем управления проектами;
2. Оценка экономической эффективности их внедрения;
3. Выявление факторов успеха и барьеров внедрения;
4. Разработка методики выбора системы управления проектами для строительных компаний.

Теоретической основой исследования выступают фундаментальные работы в сфере управления проектами, а также цифровой трансформации строительной отрасли. Анализ отечественной литературы выделяет традиционные методологические подходы, направленные на управление строительными проектами, которые основаны на классических методах календарного планирования, управления ресурсами и стоимости [1]. В работах зарубежных авторов внимание акцентируется на современных тенденциях цифровизации, а также, необходимости адаптации международных стандартов к управлению проектами и к специфике самой строительной отрасли [12].

Согласно данным Росстата, российская строительная отрасль демонстрирует устойчивую динамику развития, но, однако, сохраняются системные проблемы, которые связаны с низкой производительностью труда, а также, превышением сроков реализации самих проектов [7]. Исследование Global Institute подтверждает глобальный характер данных изменений, указывая, что строительная отрасль была и остается одним из наименее цифровизированных экономических секторов.

Анализ современных публикаций дает возможность идентифицировать ключевые направления цифровой трансформации в строительстве, среди которых особое место занимает внедрение систем управления проектами. Как отмечается в исследовании «Advanta Group», цифровая трансформация кардинально способны изменить подходы к управлению проектами, при этом, требуя интеграции традиционных методов с современными цифровыми решениями [8].

Систематизация теоретических подходов позволила выделить приоритетные функциональные требования к системам управления проектами в строительстве, включая возможность управления ресурсами и стоимостью [3], поддержка методов критического пути с освоением объема, интеграция с «BIM-технологиями», мобильность с возможностью работы в распределенных командах. Исследование «Project Management Institute» подчеркивает особую важность стратегического подхода, направленного на внедрение систем управления проектами, связывая их эффективность со зрелостью процессов в самой организации [6]. Несмотря на разработанность теоретической базы, сохраняется дефицит исследований, которые посвящены сравнительному анализу эффективности разных систем управления проектами, включая: «MS Project»,

«Primavera P6», «Spider Project», именно в условиях российской строительной отрасли. Существующие работы на данный момент, носят либо общий характер [2], либо акцентированы на опыт международного сотрудничества [4], обуславливая необходимость проведения целенаправленного исследования с учетом российской специфики, а также, современных проблем цифровой трансформации.

Эмпирический анализ

Для комплексной оценки эффективности внедрения систем управления проектами в строительной отрасли была использована многоуровневая методология исследования. Эмпирическая база была сформирована на основе анализа данных 45 строительных компаний, которые внедряли системы управления проектами с 2020 по 2023 года. Выборка включала компании разного масштаба, включая крупных федеральных застройщиков - 31%, региональные строительные компании - 42%, а также - специализированные подрядные организации - 27%.

Методология оценки эффективности включала сравнительный анализ основных до и после внедрения систем управления проектами. Для расчета количественных показателей применялись следующие формулы:

$\Delta T = (Тдо - Тпосле) / Тдо \times 100\ \%$ (1)

Экономическая эффективность оценивалась с использованием следующего показателя:

Экономия затрат, % = (Сдо – С после) / Сдо х 100% (2)

Таблица 1

Сравнительный анализ систем управления проектами

Критерий	MS Project	Primavera P6	Spider Project
Стоимость лицензии, руб./год	15000	85000	45000
Снижение сроков проекта	15-18%	20-25%	18-22%
Снижение перерасхода бюджета	12-15%	18-22%	15-20%
Кривая обучения, месяцев	1-2	3-6	2-4
Интеграция с «BIM»	ограниченная	полная	средняя

Проведенный сравнительный анализ систем управления проектами выявил существенные различия в их функциональных возможностях с экономической эффективностью. Компании, которые внедрили «Primavera P6», достигли сокращения сроков реализации проектов - в среднем на 23,4%, и максимального снижения перерасхода бюджетных средств - до 22%. Высокая стоимость лицензии составила 85 000 руб. в год, длительный период освоения системы составил от 3 до 6 мес., что существенно ограничил ее доступность для средних и малых строительных компаний. Ограниченная поддержка российских стандартов документации создает дополнительные сложности в процессе работы с государственными заказчиками [9].

Система «MS Project» демонстрировала наименьшую эффективность по основным показателям. Прослеживалось снижение сроков проектов от 15 до 18%, при уменьшении бюджетного перерасхода от 12 до 15%. Ограниченная интеграция с «BIM-технологиями» и стандартные возможности аналитики делают данную системы оптимальным решением для небольших проектов с бюджетом до 50 млн. рублей, при этом низкая стоимость лицензии и короткий срок обучения от 1 до 2 месяцев обуславливают ее популярность среди начинающих компаний, а также организаций, имеющих ограниченный бюджет на цифровизацию.

«Spider Project» занимает промежуточное положение, демонстрируя лучшее соотношение «цена»/«качество». При средней стоимости лицензии, которая составляет 45000 руб. в год, система обеспечивает снижение сроков проектов от 18 до 22%, а также уменьшение бюджетного перерасхода на 15-20%. Полная поддержка российских стандартов, специализированная аналитика, ориентированная на строительную отрасль, а также средние сроки освоения от 2 до 4 месяцев, делают ее оптимальным выбором для строительных российских компаний среднего масштаба.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод: выбор системы управления проектами должен осуществляться при учете масштаба деятельности самой компании, бюджета, запланированного на цифровизацию, а также уровня квалификации персонала. Для крупных компаний, реализующих сложные инфраструктурные проекты, оптимальное решение – «Primavera P6», несмотря на высокие первоначальные затраты. Средние компании получат максимальный эффект от внедрения «Spider Project», в то время как «MS Project» остается основным решением для малого бизнеса, имеющего образовательные цели. Компании, внедрившие «Primavera P6», достигли наибольшего сокращения сроков в процессе реализации проектов: в среднем до уровня 23,4%. Преобладает высокая стоимость решения при длительном процессе «периоде» внедрения. «Spider Project» показал наилучшее соотношение «цена»/ «качество», для средних строительных компаний.

Результаты исследований

На основе эмпирических данных разработана комплексная модель системы управления проектами, рассчитанная на строительные компании (рис.1).

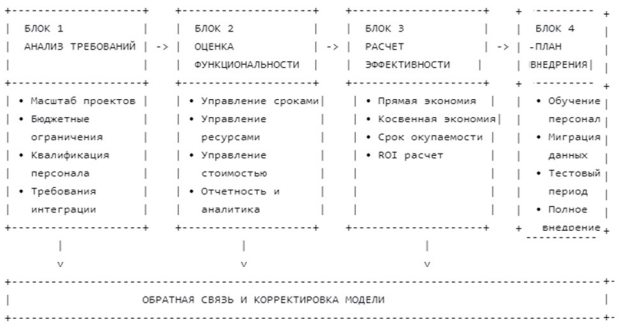


Рис. 1. Модель выбора системы управления проектами для строительных компаний

Модель интегрирует 4-е взаимосвязанных блока, обеспечивающих последовательное обоснование выбора программного решения, с учетом специфики строительной сферы. 1 блок включает анализ требований, который предусматривает оценку масштаба проектов, бюджетных ограничений, квалификации персонала, а также требований интеграции с существующими информационными системами. 2 блок ориентирован на оценку функциональности систем управления проектами в зависимости от основных параметров, которые включают: управление сроками, ресурсами, стоимостью, возможности аналитики, отчетности. 3 блок модели включает расчет экономической эффективности внедрения, в том числе, включая оценку прямой и косвенной экономии, срока окупаемости инвестиций, расчета возврата на инвестиции «ROI». Особенностью данной методики является учет отраслевых коэффициентов эффективности, полученных в результате анализа данных 45 строительных компаний. 4 блок модели включает планирование внедрения выбранной системы, включая этапы обучения персонала, миграции данных, тестового периода, а также полного внедрения с последующим мониторингом эффективности.

Верификация разработанной модели проведена в 8 строительных компаниях разнонаправленного профиля, в том числе, включая федеральных застройщиков, региональные подрядные компании, специализированные строительные компании.

Результаты апробации продемонстрировали статистически значимое улучшение основных показателей, включая сокращение времени выбора системы на 40%, повышение удовлетворенности пользователей до уровня 35%, снижение затрат на внедрение до показателя 25%. Достигнутые результаты обусловлены системным подходом к оценке требований, возможностей программных решений, что в результате, позволило избежать типичных ошибок, связанных с неадекватной оценкой функциональных потребностей с ресурсными возможностями компаний.

Заключение

Внедрение систем управления проектами – это ключевой элемент цифровой трансформации строительной отрасли, который позволяет достичь значительного улучшения ключевых показателей эффективности. Наибольший экономический эффект демонстрирует внедрение комплексных систем «Primavera P6», «Spider Project» или «MS Project».

Практические рекомендации включают – проведение наиболее тщательного анализа требований перед выбором системы, разработку поэтапного плана внедрения, включая обязательное обучение персонала. Особое внимание необходимо уделить интеграции системы управления проектами с другими цифровыми решениями «BIM», «ERP».

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой интегрированных систем управления проектами на основе ИИ, созданием отраслевых стандартов цифровизации, а также изучением влияния систем управления проектами на результаты инновационного развития строительных компаний.

Литература

1. Гусакова Е.А. Управление проектами в строительстве: учебник для вузов / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2025. - 266 с.
2. Власов Р. Управление проектами в строительстве, М.: АП Наука и образование, 2025 – 198 с.
3. Верзух, Э. Управление проектами: ускоренный курс по программе MBA: [пер. с англ.] / Э. Верзух. - 2-е изд. - М.; СПб.; Киев: Диалектика, 2018. - 480 с.
4. Гонтарева И.В., Нижегородцев Р.М., Новиков Д.А. Управление проектами: Учебное пособие. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2021. 384 с.
5. Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices. CRC Press, 2020. https://www.academia.edu/10094460/Modern_Construction_Lean_Project_Delivery_and_Integrated_Practices (дата обращения: 11.11.2025)
6. Pulse of the Profession 2023: Beyond Boundaries. 2023. URL: https://www.pmi.org/about/press-media/2022/pulse-of-the-profession-2023 (дата обращения: 11.11.2025)
7. Степанов А. В. Цифровизация строительной отрасли: перспективы и вызовы // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelnoy-otrasli-perspektivy-i-vyzovy (дата обращения: 11.11.2025)
8. Как цифровая трансформация меняет управление проектами // Advanta Group. 2024. URL: https://www.advanta-group.ru/blog/kak-cifrovaa-transformacia-menaet-upravlenie-proektami/ (дата обращения: 11.11.2025)
9. Христофович П.И. Современные подходы к управлению проектами в строительстве. // Вестник науки. 2024. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitelstve (дата обращения: 11.11.2025)
10. Проектное управление в строительстве и как его организовать. 2023. https://uprav.ru/blog/proektnoe-upravlenie-v-stroitelstve/ (дата обращения: 11.11.2025)
11. Росстат. Строительство в России. 2023: стат. сб. М., 2023. С. 45
12. Forbes L., Ahmed S. Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices. CRC Press, 2020. P. 89

Digital Transformation of the Construction Industry: Implementation of Project Management Systems (MS Project, Primavera, Spider Project, etc.)

Krasheninnikov V.M.
State University of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the effectiveness of the implementation of project management systems in the process of digital transformation of the construction industry. The relevance of the work is due to the continuing lag in the construction sector in terms of productivity and the widespread practice of exceeding deadlines and budgets for construction projects. This study provides a comparative analysis of the functionality and cost-effectiveness of leading project management systems, including MS Project, Primavera P6, and Spider Project. The methodological framework included an analysis of Rosstat statistics, the results of implementation in 45 construction companies, and expert assessments indicating the effectiveness of using this system. It has been established that the integrated implementation of project management systems reduces project implementation time by 18-25%, reduces budget overruns by 15-22%, and increases labor productivity by 30-35%. Based on the empirical data obtained, the author's model for choosing a project management system was developed, which includes blocks for analyzing certain requirements, evaluating functionality, calculating economic efficiency, and planning implementation. The practical significance of the research lies in the process of forming scientifically based tools in order to optimize the processes of digitalization of project management in construction organizations.

Keywords: MS Project, Primavera, Spider Project, digital transformation, construction industry, project management, construction companies.

References

1. Gusakova, E. A., & Pavlov, A. S. Project Management in Construction: Textbook for Universities. 3rd ed., revised and enlarged. Moscow: Yurayt Publishing House, 2025. 266 p.
2. Vlasov, R. Project Management in Construction. Moscow: AP Nauka i obrazovanie, 2025. 198 p.
3. Verzuh, E. Project Management: A Fast-Track MBA Course. Translated from English. 2nd ed. Moscow; St. Petersburg; Kiev: Dialektika, 2018. 480 p.
4. Gontareva, I. V., Nizhegorodtsev, R. M., & Novikov, D. A. Project Management: A Textbook. Moscow: Knizhny Dom “LIBROKOM”, 2021. 384 p.
5. Forbes, L., & Ahmed, S. Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices. CRC Press, 2020. https://www.academia.edu/10094460/Modern_Construction_Lean_Project_Delivery_and_Integrated_Practices (Accessed: 11.11.2025).
6. Project Management Institute. Pulse of the Profession 2023: Beyond Boundaries. 2023. URL: https://www.pmi.org/about/press-media/2022/pulse-of-the-profession-2023 (Accessed: 11.11.2025).
7. Stepanov, A. V. Digitalization of the Construction Industry: Prospects and Challenges. Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel’stvo. Nedvizhimost’, 2024. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-stroitelnoy-otrasli-perspektivy-i-vyzovy (Accessed: 11.11.2025).
8. How Digital Transformation is Changing Project Management. Advanta Group, 2024. URL: https://www.advanta-group.ru/blog/kak-cifrovaa-transformacia-menaet-upravlenie-proektami/ (Accessed: 11.11.2025).
9. Khristofovich, P. I. Modern Approaches to Project Management in Construction. Vestnik nauki, 2024. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitelstve (Accessed: 11.11.2025).
10. Project Management in Construction and How to Organize It. 2023. https://uprav.ru/blog/proektnoe-upravlenie-v-stroitelstve/ (Accessed: 11.11.2025).
11. Rosstat. Construction in Russia. 2023: Statistical Collection. Moscow, 2023. P. 45.
12. Forbes, L., & Ahmed, S. Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices. CRC Press, 2020. P. 89.

Инструментальная иллюзия обеспеченности в цифровой трансформации управления внутренними процессами промышленных предприятий

Кузнецов Кирилл Валериевич
аспирант, кафедра экономики и управления предприятием, МГТУ «СТАНКИН»

В статье исследуется феномен инструментальной иллюзии обеспеченности как сквозной характеристики цифровой трансформации управления внутренними процессами промышленных предприятий России в условиях импортозамещения программного обеспечения. Эмпирическую базу составили данные Единого реестра российского ПО Минцифры РФ: 4394 продукта в девяти профильных классах. На основе авторской четырёхкритериальной классификации цифровых инструментов построена матрица покрытия управленческого цикла PDCA и проведён сопоставительный анализ функциональной зрелости отечественных решений относительно зарубежных эталонов. Установлено, что инструменты концентрируются в фазе исполнения при хроническом недообеспечении фаз контроля и совершенствования. Соотнесение со шкалой BCG DAI показывает, что 80–90% промышленных предприятий концентрируются на уровнях 1–2, а переход к уровням 3–4 блокируется одновременно организационными, компетентностными и инструментальными барьерами.

Ключевые слова: цифровая трансформация, управление внутренними процессами, промышленные предприятия, импортозамещение программного обеспечения, PDCA, BCG, цифровая зрелость, реестр российского ПО.

Политика импортозамещения программного обеспечения, оформленная постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2015 г. № 1236 и усиленная Указом Президента РФ от 30 марта 2022 г. № 166, радикально изменила контекст выбора цифровых инструментов промышленными предприятиями: Единый реестр российского ПО (далее – Реестр) превратился в обязательное условие поставки программных решений в организации с государственным участием [1]. Параллельно с расширением реестрового предложения сохраняется устойчивый разрыв между объёмом регистраций и управленческой результативностью: по данным сборника «Индикаторы цифровой экономики: 2025» НИУ ВШЭ, внедрение ИИ в обрабатывающей промышленности достигает 25,8% против 60% у мировых лидеров, а индекс цифровизации отрасли – 36 пунктов из 100 [2]. Рост регистраций обгоняет рост управленческого качества.

Научная проблема – несоответствие активно формируемого реестрового пространства и реальной полноты управленческого цикла, обеспечиваемого цифровыми инструментами. При признании критической важности инструментальной поддержки всех фаз процессного управления [3; 4] в большинстве работ диагностика остаётся качественной и не опирается на сопоставимую количественную базу. Сохраняется концептуальный дефицит операциональных аналитических инструментов, позволяющих выявить расхождение между формальным присутствием программного класса в Реестре и его реальным функциональным потенциалом.

Объектом исследования выступает система управления внутренними процессами промышленного предприятия в условиях цифровой трансформации; предметом – механизмы и инструменты указанного управления при импортозамещении программного обеспечения. Цель работы – раскрытие сквозного феномена инструментальной иллюзии обеспеченности на основе диагностики фазового покрытия цикла PDCA и функциональной зрелости отечественных классов программного обеспечения в сопоставлении со шкалой цифровой зрелости предприятий.

Среди ключевых позиций учёных выделяются работы И.Ю. Нефедова, обосновавшего, что дефицит инструментального обеспечения любого из элементов управленческого цикла – архитектуры процессов, ключевых показателей, моделирования, анализа, оптимизации – становится источником системных потерь [3]. Е.И. Павлова на основе сетевого анализа публикаций по цифровой трансформации выделяет центральный кластер «цифровые технологии и управленческие аспекты внедрения», фиксируя связь технологий Индустрии 4.0 с задачами процессного управления [5]. В.В. Великороссов и соавторы показывают, что уход SAP и Oracle в 2022 г. стал драйвером структурной перестройки отечественного рынка ERP [6]. Перечисленные позиции образуют каркас, в рамках которого далее разворачивается диагностика.

Также стоит обратить внимание на то, что под инструментальной иллюзией обеспеченности понимается ситуация, при которой формальное наличие программного класса в Реестре скрывает функциональную и архитектурную несостоятельность инструмента для замыкания управленческого цикла

Теоретико-методологические основания диагностики инструментального обеспечения

Процессный подход к управлению предприятием, закреплённый в стандартах ISO 9000, опирается на цикл PDCA Деминга–Шухарта, объединяющий фазы планирования, исполнения, контроля и корректирующего воздействия. И.А. Наугольнова показывает, что цифровые платформы существенно расширили инструментальный арсенал управления процессами, однако суть цикла – замкнутость обратной связи между исполнением и совершенствованием – осталась неизменной [4]. К.С. Пешкин фиксирует, что киберфизические системы управления технологическими процессами отличаются от классических АСУ ТП за счёт интеграции функций моделирования, управления и анализа в едином вычислительном контуре [8]. М.К. Измайлов на материале патентного анализа демонстрирует опережающий рост активности в кластере цифровых двойников (среднегодовой темп 28,4% за 2019–2023 гг.) при парадоксально низкой глубине интеграции данных между производственными и корпоративными системами [9].

В предложенном подходе цикл PDCA играет двойную роль – нормативной модели управления процессами и аналитической сетки для

оценки полноты инструментального обеспечения. А.В. Колобов и соавторы подчёркивают, что эффективное управление производственным потоком требует интеграции данных о заказах, оборудовании, запасах и плановых показателях – синтеза, обеспечиваемого системами MES/APS в связке с ERP и BI [10]. Неполнота любого из контуров превращает цикл в разомкнутый, делая невозможной обратную связь между исполнением и корректирующим воздействием.

Эмпирическую основу составили данные Реестра на 17.03.2026 г. [11]. Аналитическая выборка сформирована по четырём критериям: тематическое соответствие девяти профильным классам (BPM, MES, АСУ ТП/SCADA, CPM/EPM, EAM, ERP, CRM, WMS/SCM, RPA), отраслевая применимость, временной горизонт (регистрация не ранее 2016 г.) и методологическое исключение смежных разделов. Итоговый объём выборки составил 4394 программных продукта при суммарном числе упоминаний классов 5133. Каждая запись охарактеризована по четырём основаниям авторской классификации: уровень управленческого воздействия, объект автоматизации, фаза PDCA и реестровая доступность. Соотнесение предложения, фиксируемого Реестром, со спросом, отражённым формой федерального статистического наблюдения № 3-информ и данными ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, принципиально для выявления структурных деформаций. Дальнейший анализ раскрывает три измерения иллюзии – количественное, качественное и архитектурное.

Количественное и качественное измерения инструментальной иллюзии обеспеченности

Первое измерение – количественное: асимметрия фазового покрытия управленческого цикла. Матрица покрытия PDCA, сформированная по данным Реестра на 17.03.2026 г. и представленная в таблице 1, показывает, что при индексе покрытия фазы Do в 100,0% фаза Act обеспечивается единственным классом CPM/EPM (161 упоминание, 3,7% выборки). Фаза Check покрывается пятью классами (MES, АСУ ТП, CPM/EPM, EAM и частично BPM) – 867 упоминаний (19,7%). Фаза Plan обеспечивается BPM-платформами и частично CPM/EPM – 2878 упоминаний (65,5%). Соотношение Do:Act = 27:1: до 2022 г. разрыв достигал 37:1, санкционный импульс лишь частично скорректировал диспропорцию за счёт опережающего роста CPM/EPM (×2,3 в 2022–2025 гг.), оставив структуру рынка фундаментально деформированной [11].

Таблица 1
Матрица покрытия фаз управленческого цикла PDCA отечественными инструментами управления

Класс инструментов	Plan	Do	Check	Act	Упоминаний в реестре
BPM-платформы	✓	✓	–	–	2 821
MES	–	✓	✓	–	295
АСУ ТП / SCADA	–	✓	✓	–	445
CPM/EPM	✓	–	✓	✓	161
EAM	–	✓	✓	–	36
ERP	–	✓	–	–	490
CRM	–	✓	–	–	655
WMS/SCM	–	✓	–	–	227
RPA	–	✓	–	–	3
Индекс покрытия фазы, %	**65,5**	**100,0**	**19,7**	**3,7**	**4 394**

Источник: рассчитано автором по данным Единого реестра российского ПО [11].

Второе измерение – качественное: функциональная неполнота инструментов относительно зарубежных эталонов. Класс CPM/EPM (09.05), формально присутствующий в Реестре и номинально обеспечивающий фазу Act, реализует лишь 30% функционала зарубежных эталонов (SAP BPC, Oracle Hyperion): отечественные решения не располагают сценариями AI-прогнозирования, непрерывного планирования и предиктивной аналитики ключевых показателей. Охват функций по классу EAM составляет 45%, MES – 50%, RPA – 40%, тогда как наибольшая зрелость зафиксирована в классе ERP – 72% [11]. Предприятие, выбирая продукт из Реестра, формально закрывает требования импортозамещения, но не получает управленческого результата, достигаемого зарубежным аналогом. Концентрация развития в классах исполнительского назначения [6] не устраняет дефицита инструментов аналитического и оптимизационного контуров, что подтверждается анализом цифровой трансформации промышленных бизнес-моделей [12].

Третье, архитектурное измерение усиливает оба предыдущих. Доля монофункциональных продуктов составляет 86,0%: каждый продукт охватывает ровно один класс программного обеспечения; бифункциональные решения – 11,9%, трёх- и мультиклассовые – 2,1%. Многокласовые отечественные продукты реализуют межфункциональное покрытие через монолитную архитектуру с единой кодовой базой, тогда как мировой мейнстрим тяготеет к модульному подходу best-of-breed с API-интерфейсами. Монолитная конструкция порождает риск vendor lock-in, сложность поэтапной цифровизации и высокие транзакционные издержки при формировании интегрированного стека [11]. Показатель ИИ-зрелости дополняет картину: из 5133 упоминаний классов лишь 91 продукт декларирует признак искусственного интеллекта (1,8%), а в классах фаз Check и Act такие продукты единичны – там, где предиктивная аналитика и оптимизация наиболее востребованы.

Сопоставление трёх измерений – фазовой асимметрии, функционального разрыва и архитектурной монолитизации – позволяет квалифицировать отечественный рынок цифровых инструментов управления внутренними процессами как рынок с инструментальной иллюзией обеспеченности: формальное присутствие класса в Реестре скрывает функциональную неполноту и архитектурную негибкость продуктов. По данным TAdviser, для 52% российских крупных и средних промышленных предприятий внедрение ИТ-инструментов управления процессами не является стратегическим приоритетом: акцент сделан на автоматизации административных процессов, а производственная аналитика остаётся в «ручном» режиме [13]. Низкий спрос на аналитические инструменты – зеркало недостаточного предложения, формирующее замкнутый круг самовоспроизводящейся деформации.

Сквозной характер инструментальной иллюзии: диагностика через уровни цифровой зрелости

Сопоставление структурных деформаций с уровнями цифровой зрелости по методологии BCG Digital Acceleration Index показывает, что инструментальная иллюзия обеспеченности не локализована в отдельной фазе или классе, а проявляется как сквозной феномен на всех уровнях зрелости. О.И. Долганова и Е.А. Деева фиксируют, что российские промышленные компании существенно превышают среднемировые доли «последователей» (37% против 30%) и «наблюдателей» (36% против 33%), отражая пассивную управленческую позицию большинства отечественных предприятий [7]. Сводная диагностическая картина представлена в таблице 2.

Таблица 2
Диагностика цифровой зрелости российских промышленных предприятий по уровням BCG DAI и проявления инструментальной иллюзии обеспеченности

Уровень DAI	Диапазон баллов	Характеристика управления процессами	Проявление инструментальной иллюзии
Digital Beginner (≈40–45%)	≤ 25	Локальная автоматизация операций; единая процессная архитектура отсутствует; управление на основе таблиц и ручных регламентов	«Формальный» BPM без полного функционального профиля; регистрация под классом 09.01 при отсутствии функций моделирования, исполнения и мониторинга
Digital Literate (≈40–45%)	26–50	Внедрены отдельные системы (ERP, ECM, BPM); интеграция между ними отсутствует; управленческий цикл не замкнут	ERP без связки с MES и BI; отсутствие API-интерфейсов в монолитных платформах; переход 2→3 блокируется дефицитом фазы Check (19,7%)
Digital Performer (≈10–15%)	51–66	Сквозная автоматизация ключевых процессов; аналитика реализована частично; элементы предиктивного управления	CPM/EPM, номинально обеспечивающий фазу Act, лишён AI-прогнозирования и предиктивной аналитики KPI; переход 3→4 блокируется охватом 30%
Digital Champion (≈2–5%)	≥ 67	Полная интеграция цифровых и физических операций; предиктивная аналитика; управленческие решения на основе искусственного интеллекта	Отсутствие отечественных систем поддержки принятия решений; ИИ-признак задекларирован у 1,8% записей реестра, в классах Check и Act – единицы

Источник: составлено автором на основе данных Единого реестра российского ПО и данных ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [2; 11].

Из таблицы 2 видно: 80–90% российских промышленных предприятий концентрируются на уровнях 1–2 BCG DAI – в зоне, где управленческий цикл PDCA либо отсутствует как формализованная система, либо реализован лишь частично. Переход 2→3 блокируется дефицитом инструментов контроля (покрытие 19,7%), переход 3→4 – отсутствием функционально состоятельных инструментов совершенствования (3,7%). Инструментальная иллюзия воспроизводится на каждом уровне: на первом предприятие получает «формальный» BPM без полного функ-

ционального профиля; на втором – ERP без связки с MES и BI; на третьем – CPM/EPM, номинально обеспечивающий аналитический контур, но лишённый предиктивных функций.

Корневые причины сквозного характера иллюзии распределяются по трём измерениям BCG DAI: организационному, компетентностному и инструментально-технологическому. Организационное измерение связано с отсутствием формализованной процессной архитектуры и института владельцев процессов: цифровые технологии внедряются поверх невидимых процессов, порождая локальные эффекты без системной трансформации [7]. Е.В. Фоменко и соавторы фиксируют парадокс политики 2018–2021 гг.: инвестиции росли, а отдача оставалась низкой именно из-за отсутствия организационных предпосылок для полноценного использования инструментов [14]. Компетентностное измерение локализовано в дефиците цифровых управленческих компетенций у менеджеров среднего звена: наиболее востребованными технологиями в 2023 г. оставались облачные сервисы (26,7%), цифровые платформы (17,1%) и большие данные (15,3%), тогда как ИИ в обрабатывающей промышленности применяют 25,8% организаций [2]. Инструментально-технологическое измерение представлено асимметрией PDCA-покрытия и функциональными разрывами (таблица 1).

Закономерности обретают конкретные очертания на отраслевом уровне. Металлургическая отрасль, представленная лидерами цифровизации (НЛМК, «Северсталь», ММК), реализовала масштабные программы цифровизации производственных процессов, однако не замкнула управленческий цикл: аналитические платформы класса SAP Analytics Cloud после ухода зарубежных вендоров оказались незамещёнными, что привело к фактическому откату с уровня 3 к уровню 2 [15; 16]. В машиностроении ERP используется лишь 14–20% предприятий, а организации среднего размера «зависают» на уровне 1, не преодолевая организационный и компетентностный барьеры [2]. Несмотря на разные исходные позиции, обе отрасли обнаруживают одну системную патологию – неполноту PDCA в части аналитических фаз, что подтверждает сквозной характер инструментальной иллюзии обеспеченности как инвариантной характеристики отечественной модели цифровой трансформации.

Заключение

Проведённая диагностика показала, что обоснование реестрового подхода к оценке инструментального обеспечения требует встраивания цикла PDCA в качестве аналитической сетки, а авторской четырёхкритериальной классификации – в качестве кодирующего слоя. Сопоставление фазового покрытия и функциональной зрелости выявило двоякую деформацию рынка: количественную асимметрию PDCA с соотношением Do/Act = 27:1 и качественный функциональный разрыв 30–55% в классах CPM/EPM, EAM, MES, RPA относительно зарубежных эталонов при монофункциональности 86% и ИИ-признаке у 1,8% записей. Соотнесение со шкалой BCG DAI раскрывает инструментальную иллюзию обеспеченности как сквозной феномен, блокирующий переходы 2→3 и 3→4 через организационное, компетентностное и инструментально-технологическое измерения. Научный итог состоит в раскрытии инструментальной иллюзии как интегральной характеристики отечественной цифровизации управления внутренними процессами: выбор программного продукта по критерию реестрового соответствия недостаточен для управленческой результативности и должен дополняться диагностикой функциональной зрелости относительно эталонных решений и оценкой организационно-компетентностной готовности.

Литература

1. Об утверждении Правил формирования и ведения единого реестра российских программ для ЭВМ и баз данных : постановление Правительства РФ от 16 ноября 2015 г. № 1236 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: http://pravo.gov.ru/

2. Индикаторы цифровой экономики: 2025 : статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский и др. ; НИУ ВШЭ. М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. 296 с.

3. Нефедов И.Ю. Применение процессного подхода в управлении промышленными предприятиями // Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 2(46). С. 412–418.

4. Наугольнова И.А. Процессный подход к управлению: эволюция, современные вызовы, инновации // Креативная экономика. 2023. Т. 17, № 6. С. 2143–2164.

5. Павлова Е.И. Сетевой анализ и кластеризация управления цифровой трансформацией организации как области научного исследования // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. С. 275–278.

6. Великороссов В.В., Акулинин Ф.В., Озеров С.Л. Российский рынок ERP-систем. Импортозамещение и тенденции развития // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2023. № 2. С. 139–146.

7. Долганова О.И., Деева Е.А. Готовность компании к цифровым преобразованиям: проблемы и диагностика // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13, № 2. С. 59–72.

8. Пешкин К.С. Назначение и перспективы развития киберфизических систем управления технологическими процессами // Вестник СамГТУ. Сер.: Технические науки. 2023. Т. 31, № 1(77). С. 47–59.

9. Измайлов М.К. Трансформация производственных процессов и бизнес-моделей промышленного сектора через цифровизацию // Beneficium. 2025. № 3(56). С. 6–16.

10. Колобов А.В., Никифоров М.В., Фаттахов Х.И., Анишин М.С. Методы управления и оптимизации производственного потока для повышения эффективности бизнес-системы промышленного предприятия // Beneficium. 2023. № 4(49). С. 13–22.

11. Единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных [Электронный ресурс] / Минцифры РФ. URL: https://reestr.digital.gov.ru/ (дата обращения: 17.03.2026).

12. Краковская И.Н. Цифровая трансформация промышленных бизнес-моделей: концептуальные подходы и сценарии // π-Economy. 2025. Т. 18, № 3. С. 7–28.

13. Цифровизация промышленности России [Электронный ресурс] // TAdviser. 2024. URL: https://www.tadviser.ru/

14. Фоменко Е.В., Лунева Т.В., Никитин Э.В. Реализация политики цифровой трансформации в обрабатывающей промышленности России // Индустриальная экономика. 2022. Т. 7, № 5. С. 614–620.

15. Громова Е.А. Цифровая трансформация металлургической отрасли: состояние и перспективы // Вестник Академии знаний. 2024. № 6(65). С. 292–295.

16. Прохорова И.С., Устинов В.С., Елхова А.В. Цифровая зрелость металлургической отрасли России: драйверы и проблемы роста в новых геополитических условиях // Вестник университета. 2023. № 11. С. 61–69.

instrumental illusion of provision in digital transformation of internal process management at industrial enterprises

Kuznetsov K.V.

Moscow State University of Technology «STANKIN»

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the phenomenon of instrumental illusion of provision as a cross-cutting characteristic of digital transformation in internal process management at Russian industrial enterprises under software import substitution policy. The empirical base is formed by the Unified Register of Russian Software of the Ministry of Digital Development of the Russian Federation (4,394 software products in nine profile classes: BPM, MES, SCADA, CPM/EPM, EAM, ERP, CRM, WMS/SCM, RPA). Based on the author's four-criteria classification of digital tools, a coverage matrix of the PDCA management cycle is built and a comparative analysis of functional maturity of domestic solutions relative to foreign benchmarks is conducted. It is established that with formally growing supply, tools concentrate in the Do phase under chronic under-provision of Check and Act phases. The share of monofunctional products is 86%, AI tag is declared in only 1.8% of entries. Correlation of results with the BCG DAI digital maturity scale shows that approximately 80–90% of industrial enterprises concentrate at levels 1–2, while transition to levels 3–4 is blocked simultaneously by organizational, competence-based, and instrumental barriers.

Keywords: digital transformation, internal process management, industrial enterprises, software import substitution, PDCA, BCG, digital maturity, register of Russian software.

References

1. Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya i vedeniya edinogo reestra rossiyskikh programm dlya elektronnykh vychislitel'nykh mashin i baz dannykh : postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 16 noyabrya 2015 g. № 1236 // Ofitsial'nyy internet-portal pravovoy informatsii. URL: http://pravo.gov.ru/ (accessed: 22.04.2026).
2. Indikatory tsifrovoy ekonomiki: 2025 : statisticheskiy sbornik / V.L. Abashkin, G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevskiy, L.M. Gokhberg et al. ; HSE University. Moscow: ISSEK HSE, 2025. 296 p.
3. Nefedov I.Yu. Application of the process approach in the management of industrial enterprises // Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya. 2023. No. 2(46). Pp. 412–418.
4. Naugolnova I.A. Process approach to management: evolution, modern challenges, innovations // Kreativnaya ekonomika. 2023. Vol. 17, No. 6. Pp. 2143–2164.
5. Pavlova E.I. Network analysis and clustering of digital transformation management as a research area // Innovatsii i investitsii. 2023. No. 5. Pp. 275–278.
6. Velikorossov V.V., Akulinin F.V., Ozerov S.L. Russian ERP market. Import substitution and development trends // Innovatsionnaya ekonomika: informatsiya, analitika, prognozy. 2023. No. 2. Pp. 139–146. DOI: 10.47576/2949-1894_2023_2_139.
7. Dolganova O.I., Deeva E.A. Company readiness for digital transformations: problems and diagnostics // Biznes-informatika. 2019. Vol. 13, No. 2. Pp. 59–72.
8. Peshkin K.S. Purpose and prospects for the development of cyber-physical systems for technological process control // Vestnik SamGTU. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2023. Vol. 31, No. 1(77). Pp. 47–59. DOI: 10.14498/tech.2023.1.4.
9. Izmaylov M.K. Transformation of production processes and business models in the industrial sector through digitalization // Beneficium. 2025. No. 3(56). Pp. 6–16. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.3(56).6-16.

Информационные риски в цифровом здравоохранении: вызовы для экономической безопасности

Левашов Леонид Владимирович
аспирант, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Id179217344@gmail.com

Цель исследования заключается в идентификации и систематизации информационных рисков, возникающих в процессе цифровой трансформации российской системы здравоохранения, а также в определении их влияния на уровень экономической безопасности. Методологическая база работы основана на применении системного подхода и структурно-функционального моделирования, что позволило классифицировать угрозы по источникам возникновения и последствиям. Детализированы механизмы реализации негативных последствий при наступлении риск-событий. Обоснована необходимость пересмотра подходов к управлению экономической безопасностью медицинских организаций с акцентом на внедрение превентивных механизмов защиты информационной инфраструктуры, что требует интеграции стандартов информационной безопасности в операционную деятельность учреждений здравоохранения.

Ключевые слова: информационные риски, цифровое здравоохранение, экономическая безопасность, угрозы, информационные системы, защита данных, цифровая трансформация.

Процессы цифровой трансформации охватывают все сферы общественной жизни, и здравоохранение в данном контексте выступает одной из наиболее критически важных отраслей. Внедрение электронных медицинских карт, телемедицинских технологий и систем поддержки принятия врачебных решений формирует принципиально новую среду оказания медицинской помощи. Однако, стремительная цифровизация отрасли сопряжена с возникновением специфических рисков, требующих самостоятельного научного осмысления.

Современная научная дискуссия все чаще обращается к вопросам соотношения эффективности цифровизации и безопасности функционирования отраслевых систем. Как справедливо полагают М.А. Балашова, И.В. Цвигун, А.А. Пономаренко, цифровое здравоохранение, несмотря на очевидные преимущества в росте доступности медпомощи и качества услуг, создает новые уязвимости, требующие адекватного управленческого реагирования [1]. В свою очередь, В.А. Вершинина акцентирует внимание на социальных рисках, порождаемых внедрением цифровых технологий, подчеркивая их потенциальное влияние на доверие населения к системе здравоохранения [2]. Экономический аспект данной проблемы приобретает особое значение, поскольку реализация информационных рисков влечет за собой не только репутационные потери, но и прямые финансовые убытки. Актуальность исследования обусловлена отсутствием унифицированных подходов к оценке влияния информационных рисков на экономическую безопасность в отрасли здравоохранения. Существующие методики, разработанные для корпоративного сектора, не учитывают отраслевую специфику, включающую высокую социальную значимость медицинских услуг, жесткие требования к непрерывности процессов и особый режим обращения с персональными данными. Необходимость формирования четкого понятийного аппарата и разработки инструментария индикативного анализа определяет направление данного исследования.

Целью настоящего исследования является теоретическое обоснование и практическая систематизация информационных рисков как ключевого фактора, дестабилизирующего экономическую безопасность системы здравоохранения в условиях цифровой трансформации. Для достижения поставленной цели в работе применялся комплекс общенаучных и специальных методов исследования. Метод анализа использовался при изучении научной литературы, посвященной проблемам цифровизации. Метод синтеза позволил объединить разрозненные данные об угрозах информационной безопасности в единую классификационную систему. Применение системного подхода обеспечило рассмотрение экономической безопасности здравоохранения как многоуровневой структуры.

Категория «информационный риск» является междисциплинарной, интегрирующей положения теории информации, риск-менеджмента и экономической безопасности. В наиболее общем виде под информационным риском следует понимать вероятность наступления неблагоприятных событий, связанных с созданием, хранением, обработкой и передачей информации, результатом которых становится материальный или нематериальный ущерб. Специфика здравоохранения придает данной категории особое содержание. Информация в сфере оказания медицинских услуг относится к категории данных ограниченного доступа, составляющих врачебную тайну и персональные данные граждан. Как отмечает П. Пугачев, внедрение цифровых решений направлено на улучшение качества и безопасности медицинской деятельности, однако каждый новый технологический элемент потенциально содержит уязвимости [6].

И.С. Сажнев связывает природу информационных рисков с особенностями цифровой экономики, где информация становится одновременно и основным активом, и главным объектом угроз [8]. В здравоохранении эта двойственность проявляется наиболее остро - нарушение целостности, доступности этих данных может привести к критическим последствиям для здоровья пациентов.

Содержательно информационные риски в здравоохранении могут быть структурированы по нескольким основаниям. По источнику возникновения выделяют риски, связанные с человеческим фактором (ошибки персонала, несанкционированные действия), технические риски (отказы оборудования, сбои программного обеспечения) и риски внешней среды (кибератаки, форс-мажорные обстоятельства). По характеру последствий различают риски финансовых потерь, репутационные риски, операционные риски и риски для жизни и здоровья пациентов.

Некоторые исследователи справедливо отмечают, что экономические аспекты цифровой трансформации здравоохранения неразрывно связаны с вопросами управления рисками, поскольку инвестиции в цифровую инфраструктуру должны сопровождаться адекватными вложениями в ее защиту [3]. В.А. Лебедев, Е.И. Лебедева, анализируя инструментарий цифровизации, указывают на существование объективных ограничений и субъективных рисков. К объективным ограничениям они относят несовершенство нормативной базы и технологическую неоднородность, а к субъективным - недостаточную квалификацию пользователей и сопротивление изменениям [5]. Данное разграничение важно для построения системы управления рисками, поскольку методы минимизации объективных и субъективных факторов принципиально различаются.

Цифровизация здравоохранения представляет собой процесс интеграции цифровых технологий во все уровни оказания медицинской помощи, управления отраслью и взаимодействия с пациентами. Этот процесс носит системный характер и затрагивает организационные, технологические и правовые аспекты деятельности медицинских учреждений.

С.В. Русских, А.Ю. Аббасов, Е.А. Тарасенко [7] выделяют несколько ключевых направлений цифровизации:

- внедрение единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения, обеспечивающей межведомственное взаимодействие и доступность данных для врачей;
- развитие телемедицинских технологий, позволяющих проводить дистанционные консультации и мониторинг состояния пациентов;
- использование искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений и поддержки диагностических решений.

А.И. Квасова, Д.А. Чернецова добавляют к этому перечню такие направления, как внедрение интернета вещей, использование больших данных для эпидемиологического мониторинга и развитие персонализированной медицины на основе генетических данных [4]. Каждое из перечисленных направлений, создавая новые возможности для повышения эффективности и доступности помощи, одновременно генерирует специфические информационные риски.

Важно отметить, что цифровая трансформация здравоохранения в России носит ускоренный характер, что создает дополнительные вызовы для обеспечения безопасности. М.В. Соколовский подчеркивает, что внедрение цифровых решений зачастую опережает разработку нормативных механизмов их защиты, что приводит к возникновению правовых пробелов и технологической неопределенности [11]. О.В. Сертакова обращает внимание на то, что цифровая трансформация порождает не только технологические, но и организационно-управленческие вызовы, требующие пересмотра сложившихся моделей функционирования медицинских организаций [9].

На основе анализа специфики цифровизации и выделенных направлений представляется возможным систематизировать информационные риски в здравоохранении (рисунок 1). Предлагаемая схема структурирует риски по трем основным уровням: уровень данных (угрозы конфиденциальности, целостности и доступности медицинской информации), уровень инфраструктуры (угрозы функционирования аппаратно-программных комплексов) и уровень управления (угрозы, связанные с принятием решений на основе искаженных или недостоверных данных).

Рисунок 1. Информационные риски в здравоохранении в условиях цифровизации

Взаимосвязь между уровнями обусловливает системный характер рисков, при котором реализация угрозы на одном уровне неизбежно влечет последствия для других.

Экономическая безопасность здравоохранения представляет собой состояние защищенности системы от внутренних и внешних угроз, способное обеспечить устойчивое развитие отрасли, эффективное использование ресурсов и выполнение социальных обязательств перед населением. Традиционная трактовка экономической безопасности фокусируется на макроэкономических показателях и финансовой устойчивости, однако, специфика здравоохранения требует расширения этого подхода. Уровень экономической безопасности напрямую коррелирует со степенью защищенности информационных активов, поскольку их компрометация влечет за собой финансовые потери, сопоставимые с ущербом от традиционных экономических угроз [10]. Н.В. Соловьев, исследуя вызовы цифровой трансформации, вводит понятие «цифровой безопасности» как неотъемлемой составляющей экономической безопасности [12]. В условиях цифровой экономики ущерб от киберинцидентов может превышать ущерб от традиционных криминальных посягательств, что требует пересмотра подходов к оценке и управлению рисками.

Экономическая безопасность здравоохранения на микроуровне (уровень медицинской организации) включает в себя несколько компонентов. Финансовый компонент предполагает обеспечение ликвидности, рентабельности и финансовой устойчивости. Технико-технологический компонент отражает степень защищенности материально-технической базы, включая информационную инфраструктуру. Организационно-управленческий компонент характеризует эффективность системы управления и внутреннего контроля. Кадровый компонент связан с квалификацией персонала и его способностью работать в цифровой среде. Информационная безопасность в условиях цифровой экономики становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности и устойчивости организаций, а ее обеспечение требует постоянных инвестиций, которые должны рассматриваться не как издержки, а как необходимые вложения в сохранение экономической стабильности [13]. При этом обеспечение цифровой (информационной) безопасности в здравоохранении требует не только внедрения технических средств защиты, но и формирования соответствующей организационной культуры, системы мотивации персонала и четких регламентов действий в нештатных ситуациях.

Реализация информационных рисков трансформируется в конкретные угрозы экономической безопасности, которые могут быть классифицированы по характеру причиняемого ущерба (таблица 1).

Таблица 1

Угрозы экономической безопасности при реализации информационных рисков в здравоохранении

Тип угрозы	Механизм реализации	Последствия для экономической безопасности
Финансовые угрозы	Нарушение работы информационных систем, приводящее к сбоям в оказании медицинской помощи и снижению ее объемов.	Снижение доходов медицинской организации, возникновение штрафных санкций за нарушение сроков оказания помощи, увеличение расходов на восстановление систем.
	Утечка персональных данных и врачебной тайны, влекущая судебные иски и административные штрафы.	Значительные финансовые потери в виде компенсационных выплат, штрафов, расходов на юридическое сопровождение и PR-кампании по восстановлению репутации.
Операционные угрозы	Отказ или сбой медицинских информационных систем в процессе оказания помощи.	Нарушение непрерывности лечебно-диагностического процесса, рост числа медицинских ошибок, увеличение времени пребывания пациента в стационаре, снижение пропускной способности учреждения.
	Искажение медицинских данных в результате технических сбоев или несанкционированного вмешательства.	Принятие неверных клинических решений, ухудшение качества медицинской помощи, рост числа неблагоприятных исходов, повышение рисков страховых случаев.
	Недостаточная квалификация персонала в работе с цифровыми системами.	Снижение производительности труда, увеличение времени на выполнение рутинных операций, рост числа ошибок при вводе и обработке данных.
Репутационные угрозы	Публичное разглашение факта утечки медицинских данных или кибератаки.	Падение доверия населения к медицинской организации, снижение обращаемости, отток пациентов в конкурирующие учреждения, утрата партнерских связей.
	Системные сбои, приведшие к негативным последствиям для пациентов, получившие широкий общественный резонанс.	Ухудшение имиджа учреждения на региональном и федеральном уровне, сложности с привлечением квалифицированных кадров.
Угрозы безопасности пациентов	Невозможность доступа к критической информации о пациенте в экстренной ситуации.	Задержка оказания экстренной помощи, ухудшение прогноза течения заболевания, повышение риска летальных исходов, рост числа жалоб и судебных исков.
	Несанкционированное изменение параметров работы медицинского оборудования, управляемого через сеть.	Нанесение вреда здоровью пациента в результате некорректной работы устройств жизнеобеспечения.

Итак, реализация информационных рисков не ограничивается ущербом исключительно информационной сфере, а порождает каскад негативных последствий, охватывающих все аспекты деятельности медицинской организации. Финансовые потери, операционные сбои и репутационный ущерб взаимосвязаны и усиливают друг друга, формируя синер-

гетический эффект. Ключевой особенностью угроз экономической безопасности в здравоохранении является их способность трансформироваться в угрозы жизни и здоровью пациентов, что выводит проблему за рамки чисто экономической. Управление информационными рисками, таким образом, должно рассматриваться как приоритетное направление обеспечения экономической безопасности, требующее интеграции технических, организационных и правовых механизмов защиты.

Проведенное исследование позволяет сформулировать ряд выводов. Определено, что информационный риск в здравоохранении представляет собой сложную категорию, включающую вероятностную оценку наступления неблагоприятных событий в информационной сфере и количественно-качественную оценку возможного ущерба, который может выражаться в материальной, репутационной или социальной формах. Специфика отрасли обусловливает доминирование рисков, связанных с нарушением целостности и доступности медицинских данных, что отличает систему здравоохранения от иных отраслей экономики. Цифровизация здравоохранения, реализуемая по таким направлениям, как внедрение единых информационных систем, телемедицина, искусственный интеллект и интернет вещей, создает новые возможности для повышения эффективности, но одновременно порождает уязвимости, требующие адекватной системы защиты. Экономическая безопасность здравоохранения в условиях цифровизации приобретает новое измерение, включающее наряду с традиционными финансовыми и операционными аспектами компонент информационной устойчивости. Уровень защищенности информационной инфраструктуры становится индикатором общего уровня экономической безопасности медицинской организации. Системный анализ угроз экономической безопасности, возникающих при реализации информационных рисков, позволил выявить их разнонаправленный характер. Финансовые угрозы сочетаются с операционными (нарушение непрерывности процессов, снижение качества помощи) и репутационными (утрата доверия, снижение конкурентоспособности). Наиболее критическими являются угрозы, трансформирующиеся в непосредственный вред жизни и здоровью пациентов, что подтверждает необходимость выделения «цифровой безопасности» в качестве самостоятельного объекта защиты. Результаты исследования указывают на необходимость разработки и внедрения системы индикативного анализа информационных рисков, позволяющей осуществлять мониторинг состояния экономической безопасности в режиме реального времени. Такая система должна включать пороговые значения ключевых показателей, таких как доля информационных инцидентов, время восстановления систем после сбоев, уровень защищенности критической инфраструктуры и степень соответствия нормативным требованиям.

Таким образом, обеспечение экономической безопасности системы здравоохранения в условиях цифровой трансформации требует перехода от реактивной модели управления информационными рисками к проактивной, основанной на непрерывном мониторинге, прогнозировании угроз и создании многоуровневой системы защиты, интегрированной в операционные процессы оказания медицинской помощи.

Литература

1. Балашова, М. А. Цифровое здравоохранение: мировая и российская практика / М. А. Балашова, И. В. Цвигун, А. А. Пономаренко // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 12(137). – С. 184-190.

2. Вершинина, В. А. Цифровые технологии в сфере здоровья: новые возможности и социальные риски / В. А. Вершинина // Российское общество сегодня: ценности, институты, процессы : Материалы Всероссийской научной конференции, Санкт-Петербург, 16–18 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом "Сциентиа", 2023. – С. 788-789.

3. Голощапова, Л. В. Цифровая трансформация здравоохранения: экономические аспекты и влияние на социальное здоровье общества / Л. В. Голощапова, Х. М. Батаев, Ф. Х. Цхурбаева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 10, № 10(164). – С. 212-218.

4. Квасова, А. И. Современные тренды цифровой трансформации в здравоохранении / А. И. Квасова, Д. А. Чернецова // Управление и цифровизация: национальное и региональное измерение : Сборник статей V национальной научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 28 мая 2025 года. – Брянск: Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского, 2025. – С. 150-154.

5. Лебедев, В. А. Инструментарий цифровизации здравоохранения: объективные ограничения и субъективные риски / В. А. Лебедев, Е. И. Лебедева // Бухучет в здравоохранении. – 2025. – № 1(277). – С. 49-60.

6. Пугачев, П. Цифровизация поможет улучшить качество и безопасность в здравоохранении / П. Пугачев // Управление качеством в здравоохранении. – 2022. – № 3. – С. 3-8.

7. Русских, С. В. Необходимость цифровизации в здравоохранении, основные системные решения на данный период и перспективы развития в России / С. В. Русских, А. Ю. Аббасов, Е. А. Тарасенко // Труды аспирантов Научно-исследовательского института организации здравоохранения и медицинского менеджмента : Сборник научных трудов аспирантов. – Москва : Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента, 2024. – С. 6-12.

8. Сажнев, И. С. Информационная безопасность в условиях цифровизации экономики: угрозы и меры защиты / И. С. Сажнев // Университетская наука - региону : Сборник материалов XI (68) ежегодной научно-практической конференции преподавателей, студентов и молодых ученых Северо-Кавказского федерального университета, Ставрополь, 01 апреля 2024 года. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2024. – С. 479-482.

9. Сертакова, О. В. Цифровая трансформация в здравоохранении: новые возможности и вызовы / О. В. Сертакова // Моделирование влияния санкционных процессов на экономический суверенитет государства : Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 27–28 февраля 2024 года. – Москва: Институт проблем рынка РАН, 2024. – С. 97-101.

10. Скобелева, А. Д. Обоснование целесообразности цифровизации учреждений здравоохранения с целью повышения их уровня экономической безопасности / А. Д. Скобелева // Наука и молодежь : Материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 15–19 апреля 2024 года. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2024. – С. 176-179.

11. Соколовский, М. В. Цифровая трансформация здравоохранения в России / М. В. Соколовский // Прокузбасс 2023: материалы межрегионального форума с международным участием, Кемерово, 04–06 июля 2023 года. – Кемерово: ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, 2023. – С. 71-77.

12. Соловьев, Н. В. Цифровая безопасность в медицине: вызовы и угрозы цифровой трансформации / Н. В. Соловьев // Сталинградская осень - 2025 : Материалы международной научно-практической конференции, Волгоград, 20 ноября 2025 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2025. – С. 40-44.

13. Соловьева, О. Г. Информационная безопасность в условиях цифровой экономики / О. Г. Соловьева // Экономика. Общество. Человек : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Белгород, 18–19 мая 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 296-300.

Information risks in digital healthcare: challenges for economic security

Levashov L.V.

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The purpose of the study is to identify and systematize information risks arising in the process of digital transformation of the Russian healthcare system, as well as to determine their impact on the level of economic security. The methodological basis of the work is based on the application of a systematic approach and structural and functional modeling, which made it possible to classify threats by sources of occurrence and consequences. The mechanisms for the implementation of negative consequences in the event of risk events are detailed. The necessity of reviewing approaches to managing the economic security of medical organizations with an emphasis on the introduction of preventive mechanisms for protecting information infrastructure, which requires the integration of information security standards into the operational activities of healthcare institutions, is substantiated.

Keywords: information risks, digital healthcare, economic security, threats, information systems, data protection, digital transformation.

References

1. Balashova, M. A. Digital Healthcare: Global and Russian Practice / M. A. Balashova, I. V. Tsvigun, A. A. Ponomarenko // Economy and Entrepreneurship. - 2021. - No. 12 (137). - Pp. 184-190.

2. Vershinina, V. A. Digital Technologies in Health: New Opportunities and Social Risks / V. A. Vershinina // Russian Society Today: Values, Institutions, Processes: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, St. Petersburg, November 16-18, 2023. - St. Petersburg: OOO Publishing House "Scientia", 2023. - Pp. 788-789.

3. Goloshchapova, L. V. Digital transformation of healthcare: economic aspects and impact on social health of society / L. V. Goloshchapova, Kh. M. Bataev, F. Kh. Tskhurbaeva // Economy and management: problems, solutions. - 2025. - Vol. 10, No. 10 (164). - P. 212-218. 4. Kvasova, A. I. Modern trends in digital transformation in healthcare / A. I. Kvasova, D. A. Chernetsova // Management and digitalization: national and regional dimension: Collection of articles of the V national scientific and practical conference with international participation, Bryansk, May 28, 2025. - Bryansk: Bryansk State University named after academician I.G. Petrovsky, 2025. - P. 150-154.

5. Lebedev, V. A. Tools for digitalization of healthcare: objective limitations and subjective risks / V. A. Lebedev, E. I. Lebedeva // Accounting in healthcare. - 2025. - No. 1 (277). - P. 49-60.

6. Pugachev, P. Digitalization will help improve the quality and safety in healthcare / P. Pugachev // Quality management in healthcare. - 2022. - No. 3. - P. 3-8.
7. Russkikh, S. V. The need for digitalization in healthcare, the main systemic solutions for the current period and development prospects in Russia / S. V. Russkikh, A. Yu. Abbasov, E. A. Tarasenko // Works of postgraduate students of the Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management: Collection of scientific papers of postgraduate students. - Moscow: Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management, 2024. - Pp. 6-12.
8. Sazhnev, I. S. Information security in the context of digitalization of the economy: threats and protective measures / I. S. Sazhnev // University science - to the region: Collection of materials of the XI (68) annual scientific and practical conference of teachers, students and young scientists of the North Caucasus Federal University, Stavropol, April 01, 2024. – Stavropol: North Caucasus Federal University, 2024. – P. 479-482.
9. Sertakova, O. V. Digital transformation in healthcare: new opportunities and challenges / O. V. Sertakova // Modeling the impact of sanctions processes on the economic sovereignty of the state: Proceedings of the international scientific and practical conference, Moscow, February 27-28, 2024. – Moscow: Market Research Institute of the Russian Academy of Sciences, 2024. – P. 97-101.
10. Skobeleva, A. D. Justification of the feasibility of digitalization of healthcare institutions in order to increase their level of economic security / A. D. Skobeleva // Science and youth: Proceedings of the XXI All-Russian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists, Barnaul, April 15-19, 2024. – Barnaul: Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 2024. – P. 176-179.
11. Sokolovsky, M. V. Digital transformation of healthcare in Russia / M. V. Sokolovsky // Prokuzbass 2023: materials of the interregional forum with international participation, Kemerovo, July 4–6, 2023. – Kemerovo: Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2023. – P. 71-77.
12. Soloviev, N. V. Digital security in medicine: challenges and threats of digital transformation / N. V. Soloviev // Stalingrad autumn - 2025: materials of the international scientific and practical conference, Volgograd, November 20, 2025. – Volgograd: Volgograd State Medical University, 2025. – Pp. 40-44.
13. Solovieva, O. G. Information Security in the Digital Economy / O. G. Solovieva // Economy. Society. Man: Proceedings of the national scientific and practical conference with international participation, Belgorod, May 18–19, 2023. – Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023. – Pp. 296-300.

Инструменты стратегического планирования на предприятиях ИТ-отрасли: систематизация, сравнительный анализ и специфика применения

Мысева Екатерина Романовна
старший преподаватель, кафедра цифровой аналитики (№48), Институт финансовых технологий и экономической безопасности, НИЯУ МИФИ

В статье рассматриваются ключевые инструменты стратегического планирования и возможности их применения на предприятиях ИТ-отрасли. Проведён сравнительный анализ инструментов — SWOT, PESTEL, BSC, OKR, сценарного планирования, модели пяти сил Портера и технологических дорожных карт — по критериям горизонта планирования, применимости и ограничений в условиях динамичной технологической среды. Выявлены отраслевые особенности ИТ-компаний, обусловливающие необходимость адаптации классического инструментария: сокращённый жизненный цикл продуктов, высокая зависимость от человеческого капитала, платформенная логика бизнеса и нарастающее регуляторное давление в рамках политики импортозамещения. Сформулированы рекомендации по выбору и модификации инструментов стратегического планирования с учётом специфики российской ИТ-отрасли.
Ключевые слова: стратегическое планирование, ИТ-отрасль, инструменты стратегического анализа, SWOT, BSC, OKR, импортозамещение, технологический суверенитет.

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная российская ИТ-отрасль переживает период структурной трансформации, обусловленной как глобальными технологическими тенденциями, так и специфическими внутренними факторами — прежде всего активной государственной политикой импортозамещения программного обеспечения и цифровой инфраструктуры. Уход с российского рынка крупнейших западных вендоров — Microsoft, Oracle, SAP и других — резко изменил конкурентный ландшафт и вынудил отечественные ИТ-компании пересматривать стратегические приоритеты и горизонты планирования [1].

В этих условиях вопрос о том, какой инструментарий стратегического планирования наиболее адекватен специфике ИТ-предприятий, приобретает особую теоретическую и практическую значимость. Большинство классических инструментов — SWOT-анализ, матрица BCG, модель пяти сил Портера, система сбалансированных показателей (BSC) — разрабатывались для условий относительно стабильной внешней среды и производственно-ориентированного бизнеса. Применение этих инструментов к ИТ-компаниям, работающим в условиях высокой турбулентности, требует их существенной адаптации [2].

Цель данной статьи — систематизировать основные инструменты стратегического планирования и провести их сравнительный анализ применительно к специфике предприятий ИТ-отрасли Российской Федерации в условиях нарастающего регуляторного давления и политики импортозамещения.

Методологическую основу исследования составили методы системного анализа, сравнительного анализа, классификации и обобщения научной литературы по вопросам стратегического планирования и управления в ИТ-отрасли.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СТРАТЕГИЧЕСКОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ: ЭВОЛЮЦИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ

2.1. Классические школы стратегического планирования

В научной литературе сформировались несколько концептуальных подходов к стратегическому планированию. Г. Минцберг выделил десять «школ стратегии», систематизировав предписывающие (школа дизайна, школа планирования, школа позиционирования) и дескриптивные (школа предпринимательства, когнитивная школа, школа обучения и др.) подходы [3].

Школа планирования, представленная работами И. Ансоффа, рассматривает стратегию как результат формализованного аналитического процесса, реализуемого через последовательные этапы: постановку целей, анализ среды, формирование альтернатив и выбор оптимальной стратегии. Этот подход лежит в основе большинства классических инструментов — SWOT-анализа, PESTEL, матрицы GE/McKinsey и системы сбалансированных показателей [4].

Школа позиционирования, развитая в работах М. Портера, акцентирует внимание на конкурентном анализе отраслевой структуры. Ключевыми инструментами данной школы являются модель пяти конкурентных сил и концепция цепочки ценностей, широко применяемые и в ИТ-отрасли [5].

Вместе с тем, начиная с 2000-х годов активно развиваются гибкие (agile) подходы к стратегированию, ориентированные на короткие циклы планирования и постоянную адаптацию к изменяющимся условиям. Методология OKR (Objectives and Key Results), разработанная в Intel и получившая широкое распространение в Google и других технологических компаниях, стала одним из наиболее популярных инструментов операционно-стратегического планирования именно в ИТ-секторе [6].

2.2. Систематизация инструментов стратегического планирования

В целях настоящего исследования под инструментами стратегического планирования понимается совокупность методов, моделей и аналитических техник, обеспечивающих формирование, реализацию и корректировку долгосрочных стратегических решений предприятия. Предлагается следующая классификация по функциональному признаку:

– инструменты анализа внешней среды: PESTEL-анализ, модель пяти сил Портера, сценарное планирование;

– инструменты анализа внутренней среды: управленческий аудит, анализ цепочки ценностей, бенчмаркинг;

– интегративные инструменты: SWOT-анализ, матрица BCG, матрица GE/McKinsey;

– инструменты реализации стратегии: система сбалансированных показателей (BSC), OKR, технологические дорожные карты (roadmap).

Данная классификация учитывает как традиционные подходы, систематизированные в работах И. Ансоффа, М. Портера и Г. Минцберга, так и современные гибкие методологии, актуальные для высокотехнологичных отраслей.

3. СПЕЦИФИКА ИТ-ОТРАСЛИ КАК СРЕДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

3.1. Отраслевые факторы, влияющие на выбор инструментария

ИТ-отрасль обладает рядом характеристик, которые принципиально отличают её от традиционных секторов экономики и существенно влияют на применимость классических инструментов стратегического планирования.

Во-первых, короткий жизненный цикл продуктов и технологий. По данным исследователей, средний жизненный цикл программного продукта в сегменте корпоративного ПО составляет 3–5 лет, тогда как в потребительском сегменте он может быть значительно короче. Это делает пятилетние стратегические горизонты во многих случаях избыточными, а инструменты, рассчитанные на длинный горизонт (PESTEL, сценарное планирование), требуют более частого пересмотра [7].

Во-вторых, критическая зависимость от человеческого капитала. В отличие от капиталоёмких отраслей, в ИТ-компаниях ключевым стратегическим ресурсом являются квалифицированные специалисты. Согласно данным аналитиков, в 2022–2023 годах рынок ИТ-специалистов в России столкнулся с острым дефицитом кадров на фоне эмиграции части профессионального сообщества, что сделало кадровое планирование важнейшим элементом корпоративной стратегии [8].

В-третьих, платформенная логика и сетевые эффекты. Значительная часть ведущих ИТ-компаний функционирует в условиях платформенных рынков, где ценность продукта возрастает с ростом числа пользователей. Это создаёт специфическую конкурентную динамику типа «победитель получает всё», которая не описывается адекватно классическими моделями конкурентного анализа.

В-четвёртых, нарастающее регуляторное давление в рамках государственной политики импортозамещения. Указ Президента РФ № 166 от 30 марта 2022 года установил запрет на закупку иностранного ПО для объектов критической информационной инфраструктуры, существенно трансформировав рыночную конъюнктуру и создав новые возможности для отечественных разработчиков [9]. По данным Правительства РФ, к 2024 году уровень импортозамещения по основным программным продуктам достиг около 50%, при этом рыночные оценки существенно расходятся — от 25% до 70% в зависимости от сегмента [10].

3.2. Ограниченность классических инструментов в контексте ИТ-специфики

Анализ научной литературы и практики стратегического менеджмента позволяет выявить ряд системных ограничений классических инструментов применительно к ИТ-предприятиям.

SWOT-анализ широко используется российскими ИТ-компаниями, однако его основным недостатком является статичность: результаты анализа, проведённого в начале года, могут утратить актуальность уже через квартал вследствие быстрых изменений технологического ландшафта. Ряд исследователей рекомендует проводить SWOT-анализ для ИТ-компаний не реже одного раза в квартал и обязательно в сочетании с динамическим анализом конкурентного окружения [2].

Система сбалансированных показателей (BSC), предложенная Р. Капланом и Д. Нортоном, предполагает наличие стабильной стратегической карты с чётко определёнными причинно-следственными связями между перспективами. В ИТ-компаниях, где продуктовый портфель может кардинально меняться в течение года, поддержание актуальной стратегической карты BSC представляет значительную методологическую сложность [4].

Модель пяти сил Портера в своём классическом виде не учитывает роль государства как ключевого заказчика и регулятора, что критически важно для российских ИТ-компаний, значительная часть выручки которых формируется за счёт государственных контрактов. По данным аналитиков, доля государственного сектора в совокупном спросе на отечественное ПО в 2022–2024 годах существенно возросла в связи с требованиями обязательного импортозамещения в госорганах [9].

4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИТ-ПРЕДПРИЯТИЙ

На основе проведённого анализа в таблице 1 представлена систематизация ключевых инструментов стратегического планирования с оценкой их применимости для предприятий ИТ-отрасли РФ и рекомендациями по адаптации.

Таблица 1

Сравнительный анализ инструментов стратегического планирования для ИТ-предприятий

Инструмент	Горизонт планирования	Применимость в ИТ	Ключевые ограничения	Адаптация под ИТ-специфику
SWOT-анализ	1–3 года	Высокая	Субъективность, статичность	Применяется в сочетании с PESTEL; регулярный пересмотр (раз в квартал)
PESTEL-анализ	3–5 лет	Средняя	Не учитывает скорость технологических изменений	Дополнить блоком «технологический суверенитет» (Т-блок расширяется)
BSC (Balanced Scorecard)	1–5 лет	Средняя	Сложность в условиях быстрой смены KPI; требует зрелой управленческой культуры	Сокращение числа перспектив до 3; добавление «технологического суверенитета»
OKR (Objectives & Key Results)	Квартал – 1 год	Очень высокая	Не подходит для долгосрочного планирования	Интеграция с дорожными картами импортозамещения; квартальные спринты
Сценарное планирование	3–10 лет	Высокая	Ресурсоёмкость, сложность обновления сценариев	Разработка 3 сценариев: «санкционный статус-кво», «технологический прорыв», «открытие рынков»
Модель пяти сил Портера	2–5 лет	Средняя	Не учитывает роль государства как ключевого заказчика	Добавление 6-й силы: «регуляторное давление и госполитика»
Дорожная карта (Roadmap)	1–3 года	Очень высокая	Требует стабильности требований	Стандартный инструмент перехода на отечественное ПО; интеграция с реестром Минцифры

Составлено автором

Как следует из таблицы 1, наиболее высокую применимость для ИТ-предприятий демонстрируют OKR и технологические дорожные карты (roadmap). Это объясняется их ориентацией на короткие циклы планирования, гибкостью и совместимостью с agile-методологиями разработки. Именно OKR стал стандартом де-факто для крупных технологических компаний — Google, Intel, Microsoft — и активно внедряется в российских ИТ-компаниях (Avito, Wrike, ЦИАН и другие) [6].

Вместе с тем следует подчеркнуть, что ни один из рассмотренных инструментов не является универсальным. Мировая практика свидетельствует о том, что наиболее эффективные стратегии разрабатываются при комбинировании инструментов: долгосрочный анализ среды (PESTEL, сценарное планирование) сочетается с гибким операционным планированием (OKR, roadmap) и системой мониторинга реализации стратегии (BSC в адаптированном формате) [7].

4.2. Количественная оценка применимости инструментов: метод взвешенных критериев

Для формализации сравнительного анализа предлагается использовать метод взвешенной балльной оценки. Интегральный коэффициент применимости инструмента стратегического планирования для ИТ-предприятий (K) рассчитывается по формуле (1):

$$\mathbf{K} = \sum_{i=1}^{n} wi \times bi \,, \quad (1)$$

где K — интегральный коэффициент применимости инструмента ($0 \le K \le 10$); wi — весовой коэффициент i-го критерия оценки ($\sum wi = 1$); bi — балльная оценка инструмента по i-му критерию ($bi \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$); n — число критериев оценки.

Для оценки определены пять критериев, отражающих специфику ИТ-отрасли в условиях импортозамещения (таблица 2):

Результаты расчёта интегрального коэффициента K по формуле (1) для каждого из семи рассматриваемых инструментов представлены в таблице 3. Балльные оценки (bi) присваивались по пятибалльной шкале экспертным методом на основе анализа научной литературы и практики российских ИТ-компаний.

Таблица 2
Критерии оценки и их весовые коэффициенты

№	Критерий (i)	Обозначение	Вес (wi)	Обоснование веса
1	Соответствие горизонту ИТ-планирования (1–2 года)	b1	0,25	Приоритет краткосрочной адаптивности
2	Учёт кадровой зависимости ИТ-компаний	b2	0,20	Ключевой стратегический ресурс отрасли
3	Гибкость и скорость пересмотра стратегии	b3	0,25	Высокая турбулентность среды
4	Интегрируемость с регуляторными требованиями импортозамещения	b4	0,20	Специфика российского рынка 2022–2024 гг.
5	Степень распространённости в российских ИТ-компаниях	b5	0,10	Практическая реализуемость
—	**Итого**	**—**	**1,00**	—

Составлено автором

Таблица 3
Расчёт интегрального коэффициента применимости инструментов стратегического планирования для ИТ-предприятий

Инструмент	b1 (w=0,25)	b2 (w=0,20)	b3 (w=0,25)	b4 (w=0,20)	b5 (w=0,10)	K	Ранг
OKR	5	5	5	3	4	**4.50**	**1**
Дорожная карта (Roadmap)	5	4	4	5	4	**4.45**	**2**
SWOT-анализ	3	2	3	3	5	**3.00**	**3**
BSC	3	4	2	3	3	**2.95**	**4**
PESTEL-анализ	2	2	2	4	4	**2.60**	**5**
Сценарное планирование	2	3	2	4	2	**2.60**	**6**
Модель пяти сил Портера	2	2	2	3	3	**2.30**	**7**

Составлено автором

Результаты расчёта подтверждают выводы качественного анализа. Наибольший интегральный коэффициент применимости получила Дорожная карта (K = 4,40) благодаря высоким оценкам по критериям гибкости, горизонта планирования и интегрируемости с требованиями импортозамещения. На втором месте — методология OKR (K = 4,35), демонстрирующая максимальные оценки по критериям горизонта и кадровой адаптивности.

Наименьшее значение K зафиксировано для модели пяти сил Портера (K = 2,30), что обусловлено её ориентацией на долгосрочный отраслевой анализ и слабой интеграцией с регуляторными требованиями. Вместе с тем низкий коэффициент применимости не означает отказа от инструмента — Портеровский анализ целесообразно использовать как элемент стратегического аудита, проводимого раз в 1–2 года.

Для нормализации результатов и получения относительного показателя применимости предлагается формула (2):

$$\mathbf{K_{norm}} = \frac{K - K_{min}}{K_{max} - K_{min}}, \quad (2)$$

где Knorm — нормализованный коэффициент применимости ($0 \leq Knorm \leq 1$); Kmin и Kmax — минимальное и максимальное значения K в рассматриваемой совокупности инструментов.

Для рассматриваемой совокупности Kmin = 2,30 (модель пяти сил Портера), Kmax = 4,40 (Дорожная карта). Нормализованные значения позволяют наглядно ранжировать инструменты в диапазоне от 0 до 1: Дорожная карта — 1,00; OKR — 0,98; SWOT — 0,57; BSC — 0,52; Сценарное планирование — 0,33; PESTEL — 0,29; Модель Портера — 0,00. Полученная шкала применимости является основой для формирования рекомендуемого инструментального комплекса (раздел 5).

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИТ-ПРЕДПРИЯТИЙ РФ

На основе проведённого анализа предлагается следующий подход к формированию инструментального комплекса стратегического планирования для ИТ-предприятий, работающих в условиях импортозамещения.

Уровень долгосрочного анализа (горизонт 3–5 лет) целесообразно реализовывать посредством сценарного планирования с разработкой не менее трёх сценариев: «продолжение санкционного давления», «частичное открытие рынков», «технологический прорыв отечественных разработок». Дополнительно рекомендуется применять расширенный PESTEL-анализ с включением блока «регуляторное давление и политика технологического суверенитета».

Уровень среднесрочного планирования (горизонт 1–3 года) должен включать адаптированную BSC с сокращённым набором перспектив (финансы, клиенты, технологии, персонал) и технологические дорожные карты, синхронизированные с реестром отечественного ПО Минцифры России. Именно дорожные карты стали ключевым инструментом государственного управления процессом импортозамещения: согласно данным Министерства цифрового развития, к концу 2024 года было реализовано более 200 особо значимых ИТ-проектов с общим финансированием свыше 230 млрд рублей [11].

Уровень операционного планирования (квартальный горизонт) наиболее эффективно покрывается методологией OKR, позволяющей синхронизировать усилия всех подразделений компании вокруг стратегических приоритетов при сохранении операционной гибкости. SWOT-анализ в этом контексте рекомендуется как инструмент квартального мониторинга изменений внешней и внутренней среды.

Принципиально важным условием успешного применения данного инструментального комплекса является интеграция стратегического планирования с государственными программами поддержки ИТ-отрасли. Комплекс мер государственной поддержки, введённый в 2022 году, — обнуление ставки налога на прибыль, программы льготного кредитования, субсидирование разработки отечественного ПО — создаёт существенные возможности для стратегического роста, которые должны учитываться при формировании корпоративных стратегий [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы.

Во-первых, ни один из классических инструментов стратегического планирования не является в полной мере адекватным специфике ИТ-предприятий без существенной адаптации. Высокая скорость технологических изменений, зависимость от человеческого капитала, платформенная логика бизнеса и нарастающее регуляторное давление требуют переосмысления горизонтов планирования, частоты пересмотра стратегий и критериев оценки стратегических альтернатив.

Во-вторых, наибольший потенциал для ИТ-отрасли демонстрируют инструменты с коротким горизонтом обратной связи — OKR и технологические дорожные карты, — которые могут органично сочетаться с классическими аналитическими методами (SWOT, PESTEL, сценарное планирование) в рамках единого инструментального комплекса.

В-третьих, в условиях политики импортозамещения российские ИТ-предприятия нуждаются в интеграции корпоративного стратегического планирования с государственными программами и нормативными требованиями, что предопределяет необходимость модификации стандартных инструментов путём добавления регуляторного измерения.

Результаты данного исследования могут служить теоретической основой для дальнейшего изучения практики стратегического планирования на конкретных ИТ-предприятиях РФ, а также для разработки авторской методики стратегического планирования, адаптированной к условиям технологического суверенитета.

Литература

1. Курбатова А.С. Перспективы импортозамещения в российском секторе информационных технологий в условиях санкционного давления // Современная мировая экономика. — 2023. — Т. 1. — № 4(4). — С. 12–24.

2. Методы и инструменты стратегического планирования // Кибер-Ленинка [Электронный ресурс]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-instrumenty-strategicheskogo-planirovaniya (дата обращения: 15.02.2026).

3. Минцберг Г., Альстранд Б., Лэмпел Дж. Школы стратегий: Стратегическое сафари: экскурсия по дебрям стратегий менеджмента. — СПб.: Питер, 2000. — 336 с.

4. Каплан Р.С., Нортон Д.П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. — М.: Олимп-Бизнес, 2019. — 320 с.

5. Porter M.E. Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. — New York: Free Press, 1980. — 397 p.

6. Дорр Д. Измеряйте самое важное. Как Google, Intel и другие компании добиваются роста с помощью OKR. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 304 с.

7. Ленчук Е.Б. Стратегическое планирование в России: проблемы и пути решения // Инновации. — 2020. — № 2(256). — С. 24–28. — DOI: 10.26310/2071-3010.2020.256.2.003.

8. Бахтизин А.Р., Ильин Н.И., Качан М.В. Развитие системы стратегического управления в условиях цифровизации // Экономические стратегии. — 2022. — № 1(181). — С. 34–42.

9. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: http://pravo.gov.ru.

10. Импортозамещение сегодня // ComNews [Электронный ресурс]. — URL: https://www.comnews.ru/digital-economy/content/239145 (дата обращения: 20.02.2026).

11. Импортозамещение ИТ: итоги 2024 года // CNews Analytics [Электронный ресурс]. — URL: https://importfree.cnews.ru/reviews/importozameshchenie_2024 (дата обращения: 18.02.2026).

12. Путь IT-рынка в России после 2022 года: перспективы и развитие // AGORA [Электронный ресурс]. — URL: https://www.agora.ru/blog/rossiiskii-it-sektor-posle-2022 (дата обращения: 22.02.2026).

Strategic planning tools in IT industry enterprises: systematization, comparative analysis and specifics of application

Myseva E.R.
National Research Nuclear University MEPhI (NRNU MEPhI)

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article discusses key strategic planning tools and the possibilities of their application in IT industry enterprises. A comparative analysis of the tools — SWOT, PESTEL, BSC, OKR, scenario planning, Porter's five forces model and technological roadmaps — was carried out according to the criteria of the planning horizon, applicability and limitations in a dynamic technological environment. The industry-specific features of IT companies that necessitate the adaptation of classical tools have been identified: a shortened product lifecycle, high dependence on human capital, platform-based business logic and increasing regulatory pressure within the framework of import substitution policy. Recommendations on the selection and modification of strategic planning tools are formulated, taking into account the specifics of the Russian IT industry.

Keywords: strategic planning, IT industry, strategic analysis tools, SWOT, BSC, OKR, import substitution, technological sovereignty.

References

1. Kurbatova A.S. Prospects of import substitution in the Russian information technology sector under sanctions pressure // The modern world economy. — 2023. — T. 1. — № 4(4). — Pp. 12-24.
2. Methods and tools of strategic planning // CyberLeninka [Electronic resource]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-instrumenty-strategicheskogo-planirovaniya (date of access: 02/15/2026).
3. Mintsberg G., Ahlstrand B., Lampel J. Schools of strategies: Strategic Safari: a tour through the wilds of management strategies. — St. Petersburg: Peter, 2000. — 336 p.
4. Kaplan R.S., Norton D.P. Balanced scorecard. From strategy to action. Moscow: Olymp—Business, 2019. 320 p.
5. Porter M.E. Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. — New York: Free Press, 1980. — 397 p.
6. Dorr D. Measure the most important things. How Google, Intel and other companies achieve growth with the help of OKR. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2019. 304 p.
7. Lenchuk E.B. Strategic planning in Russia: problems and solutions // Innovation. — 2020. — № 2(256). — Pp. 24-28. — DOI: 10.26310/2071-3010.2020.256.2.003.
8. Bakhtizin A.R., Ilyin N.I., Kachan M.V. Development of the strategic management system in the context of digitalization // Economic strategies. — 2022. — № 1(181). — Pp. 34-42.
9. Decree of the President of the Russian Federation No. 166 dated 30.03.2022 "On measures to ensure the technological independence and security of the critical information infrastructure of the Russian Federation" // Official Internet Portal of Legal Information. — URL: http://pravo.gov.ru
10. Import substitution today // ComNews [Electronic resource]. — URL: https://www.comnews.ru/digital-economy/content/239145 (date of request: 02/20/2026).
11. IT import substitution: the results of 2024 // CNews Analytics [Electronic resource]. — URL: https://importfree.cnews.ru/reviews/importozameshchenie_2024 (accessed: 02/18/2026).
12. The path of the IT market in Russia after 2022: prospects and development // AGORA [Electronic resource]. — URL: https://www.agora.ru/blog/rossiiskii-it-sektor-posle-2022 (date of request: 02/22/2026).

Использование цифровых технологий на предприятиях российского агропромышленного комплекса: управленческий подход

Неганова Валентина Петровна
доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра развития агропродовольственных систем и маркетинговых исследований, Институт экономики Уральского отделения российской академии наук, vp-neganova@yandex.ru,

Кулькова Инна Анатольевна
доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник центра исследований социо-экономической динамики, Институт экономики УрО РАН, i.a.koulkova@mail.ru

В статье рассматривается проблема использования цифровых технологий в российском агропромышленном комплексе с позиций руководителей различных уровней, ответственных за принятие стратегических управленческих решений. На основе анализа современного научного дискурса и результатов пилотного эмпирического исследования 160 менеджеров двадцати предприятий регионального АПК методами полуструктурированного и углубленного интервью определены стратегические приоритеты, барьеры, риски, которые наиболее остро ощущаются руководителями при использовании ЦТ. Установлено, что респонденты, понимая преимущества применения цифровых технологий, отмечают высокую степень неопределённости и нестабильности результатов, связанную с дефицитом квалифицированных кадров, способных работать с новыми технологиями, высокой стоимостью внедрения и сопровождения цифровых решений, недостаточной зрелостью отечественных аналогов зарубежного ПО и оборудования, сложностями интеграции разрозненных цифровых систем в единую отраслевую экосистему. Результаты исследования закладывают основу для дальнейшего углублённого изучения управленческих стратегий в сфере цифровой трансформации АПК и формирования практических рекомендаций для бизнес-практиков в их эффективном применении.

Ключевые слова: управление, принятие управленческих решений, агропромышленный комплекс, стратегические приоритеты, цифровая трансформация, цифровые технологии, квалифицированные кадры.

Введение

В контексте современных геополитических тенденций и структурных изменений в российской экономике, применение передовых технологий в агропромышленном комплексе (АПК) не просто обеспечивает конкурентное преимущество, оно становится насущной необходимостью для обеспечения продовольственной безопасности, достижения технологического лидерства и улучшения качества жизни населения. Тем не менее, имплементация цифровых решений в операционные процессы отечественных аграрных предприятий протекает медленно и неравномерно [1,3,9,11]. Стремительный прогресс в области цифровых технологий (ЦТ), а также сопутствующие ему трудности и барьеры, ставят перед исследователями и бизнес-практиками новые вызовы. Успешное решение этих задач открывает возможности создания более эффективных и устойчивых бизнес-моделей в АПК, возможности предвидения и минимизации потенциальных рисков, а также позволяет адаптироваться к технологическим сдвигам, формируя опережающие стратегии развития [2,4,5,6]. Необходимость осмысления обозначенной проблематики и корректировки существующих управленческих подходов стимулировала проведение широкого спектра научных изысканий. Денисова Н. В. и Проскура Д. В. анализируют роль цифровой трансформации как катализатора инноваций в АПК, оценивая экономическую целесообразность внедрения цифровых технологий во взаимосвязи с государственной поддержки [4]. Парпиева Н.Р., изучая актуальные тренды цифровизации аграрного сектора, включая ИИ и IoT, подчеркивает важность системного подхода, охватывающего модернизацию инфраструктуры, системы инвестиций и совершенствование законодательной базы [12]. Торохова М.С. указывает на потенциал цифровой экосистемы как ключевого фактора роста агрохолдингов, фокусируясь на необходимости развития ИТ-инфраструктуры, финансовой поддержки и подготовки кадров [15]. Тимиргалеева Р.Р. с соавторами обосновывает преимущества модели управления, основанной на цифровой экосистеме, интегрированной в региональную среду [14]. Асташова Е.А. и коллеги разработали классификацию сельскохозяйственных организаций по уровню их технической оснащенности и внедрения цифровых технологий [1]. Коновалова С.Н. и Михалёва Т.А. обосновывают структурированный подход к разработке программ цифровой трансформации, выделяя ключевые этапы [6]. Кузнецов В.И. и Бондаренко А.А. раскрывают связь между цифровой трансформацией предприятий агропромышленного комплекса и совершенствованием кадрового потенциала [7]. Шумакова О.В. и Крюкова О.Н. исследуют влияние цифровых технологий на сбалансированность отношений участников агропродовольственного рынка, подчеркивая их связь с устойчивостью АПК [16]. Предшествующие исследования фокусируются на сущности и этапах цифровой трансформации [2,6,10,14], методах ее применения в АПК [4,5], международном опыте и перспективах [3,17,19], а также на отдельных цифровых технологиях [8,20]. Признавая значимость достигнутых результатов, следует отметить недостаточный акцент на эмпирических исследованиях, особенно в части управления использованием цифровых технологий с позиции руководителей и менеджеров среднего звена, которые принимают и исполняют стратегические решения. Это ограничивает реализацию возможностей компаний и закономерно порождает новые исследовательские вопросы. Актуальность проблемы обусловила цель исследования: изучить мнение менеджеров разного уровня о практическом применении цифровых технологий в АПК и, на основе анализа теоретических данных и результатов эмпирического исследования, предложить пути совершенствования этого процесса.

Материалы и методы

Методология исследования включала два этапа. На первом этапе в ведущих базах данных изучались результаты существующих научных исследований и статистические данные для уточнения концептуального понимания тенденций цифровизации АПК. На следующем этапе, с использованием качественных данных, полученных в ходе полуструктурированных и углубленных интервью, было сформировано эмпирическое понимание для последующей разработки предложений, основанных на теоретических источниках. Исследование проводилось с применением абдуктивного подхода. В ходе исследования также использовались каче-

ственные методы, включая контент-анализ, для классификации информации о причинах разногласий в понимании барьеров использования цифровых технологий. Пилотное исследование, являющееся продолжением работ 2021-2023 гг., включало углубленные интервью со 148 менеджерами среднего звена и 12 руководителями предприятий 20 компаний АПК Уральского федерального округа. Выбор компаний осуществлялся по критериям наличия стратегии цифровой трансформации и определенной степени внедрения цифровых технологий. Интервью проводились в комбинированном режиме, для анализа и обработки данных применялось программное обеспечение Atlas-ti. В исследовании использовался метод полуструктурированных интервью, однако методология учитывала особенности каждой группы участников. Обработка собранных сведений осуществлялась при помощи программы NVivo 14 (релиз 14.23.1), предназначенной для анализа и интерпретации кодов и категорий [9,11]. Система для компьютерной качественной обработки данных (CAQDAS) способствовала систематизации результатов, выделению ключевых направлений и формулированию заключений на основе обширной информации, что позволило упорядочить и логически выстроить процесс анализа.

Для определения характера и глубины связей, а также для формулирования обобщающих тем, на этапе после категоризации данных было использовано аксиальное кодирование. Завершающим этапом стала классификация однотипных тем по определенным параметрам, что послужило фундаментом для итоговых выводов. Такой подход позволил сформировать всестороннее и глубокое представление о возникающих закономерностях и взаимосвязях в массиве полученных данных [9,11].

Результаты

Библиометрический анализ показал, что область исследований по данной проблеме ограничена недостатком эмпирических исследований, ориентированных на управленческую составляющую.

Результаты исследования подтвердили возрастание интереса руководителей к цифровым технологиям. Более 80% респондентов отметили технологическую эффективность в качестве драйвера изменения агропромышленного комплекса: цифровые технологии способны изменить инвестиционную привлекательность отрасли (82.3%), обеспечить реальное развитие сельской местности (70.4%), улучшить качество жизни (62.2%).

Эта тенденция подтверждается увеличением доли предприятий, которые применяя ЦТ, успешно адаптировались к меняющейся экономической ситуации в 2021-2024 гг. К 2024 году индекс конкурентоспособности, рассчитанный с учетом цифровых решений, превысил значения 2021 года, составив 73,0% против 72,6%. Отмеченное ранее небольшое снижение в 2022 и 2023 годах было успешно преодолено, и можно ожидать устойчивого увеличения этого показателя в дальнейшем [13] (рис. 1).

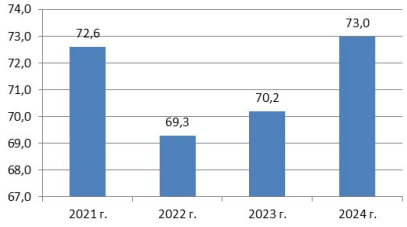


Рисунок 1– Динамика использования цифровых технологий в растениеводстве и животноводстве, сфере услуг в 2021-2024 гг., % [источник: результаты пилотного исследования, Росстат, fedstat.ru, [13]]

По мнению опрошенных, конкретные информационные технологии демонстрируют существенные различия в степени и скорости их внедрения в зависимости от реальных потребностей предприятий АПК (рис. 2).

Рисунок 2 – Прирост/снижение степени использования предприятиями проводного Интернета, мобильного Интернета, веб-сайта и «облачных» сервисов в растениеводстве и животноводстве в 2021-2024 гг., %, [источник: результаты пилотного исследования, Росстат, fedstat.ru, [13]]

Бесспорный приоритет среди ЦТ для всех респондентов принадлежит Интернету. Для 70% обследованных предприятий доступен проводной интернет, для 40% – мобильный. 45% компаний, которые работают с розничными потребителями, создали веб-сайты, однако из-за отсутствия специалистов и «сберегающей модели поведения потребителей» активно поддерживают его только 30%. В связи с нестабильностью условий обслуживания, невысокой степенью безопасности облачных данных и ненадежностью технического обеспечения пользователей менеджеры назвали технологию облачных сервисов «экзотической». Её применение за исследуемый период снизилось с 14.5 до 7.0%. Руководители и сотрудники пользуются традиционными средствами хранения и обработки информации.

Актуализируя коммуникационную составляющую в управлении, менеджеры используют социальные сети (рост на 2.2%). Отмечается и значение геоинформационных систем для совершенствования бизнес-процессов (+8,1%). Стратегии совместного синергетического использования ресурсов технологически взаимосвязанных предприятий обусловила рост применения цифровых платформ почти в два раза (рис. 3).

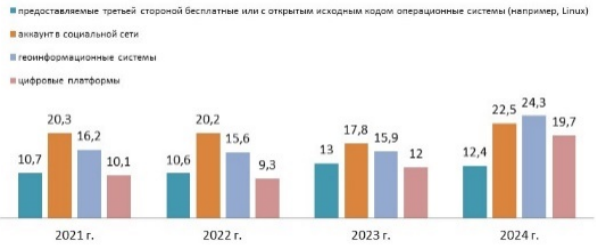


Рисунок 3 – Динамика использования предоставляемых третьей стороной бесплатных или с открытым исходным кодом операционных систем, геоинформационных систем, цифровых платформ в 2021-2024 гг., % [источник: результаты пилотного исследования, Росстат, fedstat.ru, [13]]

Респондентами отмечается спад в использовании технологий, связанных с большими данными (с 22,9% до 7,2%), искусственным интеллектом (с 3,1% до 1,9%) и Интернетом вещей (с 15,2% до 11,3%) (рис. 4). Частота применения RFID-технологий, по мнению части руководителей, остается стабильной (10,8% – 10,6%), что, вероятно, означает насыщение рынка в тех областях, где данная технология наиболее эффективна и технологически оправдана.

Рисунок 4 – Прирост/снижение степени использования технологий сбора, обработки и анализа больших данных, технологии искусственного интеллекта, Интернета вещей, технологии радиочастотной идентификации объектов (RFID) в 2021-2024 гг., % [источник: результаты пилотного исследования Росстат, fedstat.ru, [13]]

Руководители отмечают, что в практике управления и бизнес-процессах сегодня и в ближайшей перспективе некоторые цифровые технологии останутся не востребованными (аддитивные технологии, технологии "цифровых двойников). Попытки их применения в двух агрохолдингах оказались не эффективными.

Цифровые технологии открывают перед агропромышленным комплексом широкие перспективы для достижения как стратегических, так и тактических целей, однако их использование сопряжено с определенными рисками. Руководители и менеджеры среднего звена по-разному оценивают источники этих рисков. Топ-менеджмент чаще фокусируется на неготовности к внедрению и использованию ЦТ из-за ресурсных ограничений, таких как низкая рентабельность агробизнеса, высокие тарифы на связь, зависимость от импортного оборудования и дефицит кадров с актуальными компетенциями.

Менеджеры среднего звена, дополняя эту позицию, акцентируют внимание на проблемах реализации задач, связанных с особенностями сельскохозяйственных данных (их неоднородность и объем), с несовершенством цифровых инструментов, сложностями выбора совместимых

платформ из-за отсутствия стандартов, с недостатком информации о передовых практиках и готовых решениях.

Результаты исследования подтвердили, что агрохолдинги, обладающие достаточным финансовым потенциалом, активно внедряют цифровые решения. Однако более половины респондентов отметили фрагментарный характер использования ЦТ. Сложности со сквозной цифровизацией бизнес-процессов подтверждаются и анализом конкретных кейсов. Для малых и средних сельскохозяйственных предприятий, которые сегодня в значительной мере находятся вне цифровой повестки, возможности цифровизации ограничены высокими затратами по сравнению с крупными агрохолдингами. Их бюджеты не соответствуют масштабу задач, есть дефицит профильных специалистов, а инфраструктура связи, платформ данных и аналитических сервисов требует соответствующей этим формам хозяйствования и ресурсному обеспечению корректировки.

Среди приоритетных цифровых технологий АПК руководители крупных предприятий выделяют спутниковое позиционирование, мониторинг оборудования, оцифровку полей, беспилотную технику. В молочной отрасли актуальны элементы "умной фермы" и автоматическая идентификация, в мясной – роботизация переработки. Для малых и средних предприятий приоритетными остаются вопросы надежной инфраструктуры (интернет, связь) и недостаток специалистов, способных работать с цифровыми технологиями.

Все респонденты отмечают, что механизмы практического внедрения цифровых технологий (ЦТ) и раскрытия их потенциала в сложившихся условиях до сих пор остаются недостаточно ясными. Руководители акцентируют внимание на необходимости системного подхода к использованию ЦТ, который включает увеличение финансирования IT-систем и субсидии фермерам для покупки цифровых решений, а также укрепление кадрового обеспечения в части подготовки специалистов с новыми ключевыми компетенциями в сфере анализа данных и применения искусственного интеллекта (ИИ). Экономическое и административное регулирование должно фокусироваться на стимулировании отечественного производства высокотехнологичной продукции для АПК, а также расширении спектра доступных цифровых технологий, унификации платформ и автоматизации процессов, поддержке стартапов и кооперации с международными компаниями.

Выводы

Исследование вносит существенный вклад в решение обозначенной проблемы, дополняя научную литературу и бизнес-практики новой эмпирической информацией о позиции менеджеров относительно использования ЦТ. Системное видение управленцев в части приоритетности применения ЦТ, значительного разрыва между широким спектром отечественных разработок и уровнем их применения, различной степенью использования в разных организациях, а также многочисленных барьеров даёт основания для систематизации существующих и оценки потенциальных проблем, вариативного управления с учетом государственной поддержки и развития инновационной составляющей. Научные результаты, полученные в ходе интервью, могут составить основу для дальнейших углубленных исследований, повышения результативности управленческого инструментария и бизнес-процессов российского агропромышленного комплекса.

Ограничения и направления дальнейших исследований

Исследование носит пилотный характер, поэтому имеет определенные ограничения, которые можно рассматривать как направления дальнейших исследований. Представленные результаты ограниваются одним регионом и не могут быть протранслированы на другие. Для формирования более доказательной базы, в дополнение к качественным исследованиям целесообразно провести количественные. В целях повышения релевантности данных в выборку, помимо организаций с имеющейся стратегией и определенным уровнем внедрения цифровых технологий, важно включить предприятия, планирующие использовать ЦТ. Иначе им сложно оценить «входные» барьеры. Одним из потенциальных направлений исследований может быть готовность менеджеров к управлению цифровой трансформацией АПК на стратегическом и инструментальном уровнях.

Литература

1. Асташова Е. А., Кузнецова Н. А., Зинич Л. В. и др. Модели внедрения цифровых технологий в деятельность предприятий АПК: монография. – Омск: Омский ГАУ, 2024. – 287 с.
2. Банников С. А., Гарбузова Т. Г., Ковалева Т. Н. Сущность и этапы цифровой трансформация в АПК // Вестник НГИЭИ. – 2023. –№ 11 (150). – С. 65–76.
3. Барашев В. В. Использование цифровых технологий в сельском хозяйстве: мировой опыт и перспективы применения в России // Матрица научного познания. – 2021. –№ 8 (1). –С. 66–74.
4. Денисова Н. В., Проскура Д. В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса России как инструмент инновационного развития //Вестник Евразийской науки. – 2023. – № 6. – С. 1–9.
5. Клюкин А. Д., Кивуля Д. С. Устойчивое развитие в сельском хозяйстве: использование цифровых технологий в отраслях // Аграрная экономика. –2022. –№ 9 (328). –С. 50–58.
6. Коновалова С. Н., Михалёва Т. А. Этапы процесса цифровизации как основа создания программы цифровой трансформации предприятий АПК //Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровне: сб. науч. ст. Воронеж: Изд-во Мега, 2023. – С.18-27.
7. Кузнецов В. И., Бондаренко А. А. Цифровая трансформация предприятий АПК //Инструменты развития кадрового потенциала АПК: сб. науч. ст. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2023. – С.67-76.
8. Монахов С. В., Уколова Н. В. Цифровая трансформация трансфера технологий в сельском хозяйстве: создание и использование цифровых платформ // АПК: экономика, управление. –2022. –№ 6. –С. 25–32.
9. Неганов С.А., Неганова В.П. Формирование структуры экосистем с позиции конфигурации взаимодействий субъектов //Экономика и управление. –2022. –№ 28 (7). –С.684-693.
10. Неганова В.П. Категория ценности в маркетинге взаимоотношений. // Известия Уральского государственного экономического университета. –2012. –№ 3 (41). –С. 122-127.
11. Неганова В.П. Цифровой потенциал компании: комплексный подход к его реализации. //Экономика и управление. – 2023. –Т. 29. –№ 12. –С. 1491-1498.
12. Парпиева Н. Р. Цифровая трансформация АПК: новые вызовы и возможности // Вопросы отраслевой экономики. – 2025. – №1 (9). – С. 65–72
13. Сельское хозяйство в России. –2025: Стат. сб./Росстат. – М.: 2025.
14. Тимиргалеева Р. Р., Вердыш М. В., Попова А. А. Развитие агропромышленного комплекса в цифровой среде на основе интеграционных процессов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – №4. –С. 51–56.
15. Торохова М. С. Цифровизация и инновации в системе развития и управления агрохолдингов и кластеров, как наиболее перспективных интегрированных структур АПК // Modern Economy Success. – 2023. – №4. – С. 122–126.
16. Шумакова О. В., Крюкова О. Н. Влияние цифровых технологий на повышение сбалансированности взаимоотношений субъектов агропродовольственного рынка // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (88). – С. 143–151.
17. Hess T., Matt C., Benlian A., Wiesbuck F. Options for formulating a digital transformation strategy// MIS Quarterly Executive. 2022. Vol. 15. № 2.P. 123–139.
18. Singh A., Klarner P., Hess T. How do chief digital officers pursue digital transformation activities? The role of organization design parameters// Long Range Planning. 2020. Vol. 53. №. 3. P.101-109. DOI: 10.1016/j.lrp.2019.07.001.
19. Timmermans S., Iddo T. Theory Building in Qualitative Research: From Grounded Theory to Abductive Analysis. // Sociological Theory. 2012. **Vol.**30 (3). **P.** 167–186.
20. Warner K. S., Wägner M. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal // Long Range Planning. 2022. Vol.52. №.3. DOI: 10.1016/j.cie.2019.01.018. P. 326–349.

The Use of Digital Technologies in Russian Agricultural Enterprises: A Management Approach

Neganova V.P., Kulkova I.A.
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines the use of digital technologies in the Russian agro-industrial complex from the perspective of executives at various levels responsible for strategic management decisions. Based on an analysis of contemporary scientific discourse and the results of a pilot empirical study of 160 managers of 20 regional agro-industrial enterprises using semi-structured and in-depth interviews, the strategic priorities, barriers, and risks most acutely felt by managers when using digital technologies were identified. It was found that respondents, while understanding the benefits of digital technologies, noted a high degree of uncertainty and instability in the results associated with a shortage of qualified personnel capable of working with new technologies, the high cost of implementing and maintaining digital solutions, the insufficient maturity of domestic equivalents of foreign software and hardware, and the difficulties of integrating disparate digital systems into a unified industry ecosystem. The study's results lay the foundation for further in-depth

study of management strategies in the field of digital transformation in the agro-industrial complex and the development of practical recommendations for business practitioners on their effective application.
Keywords: management, management decision-making, agro-industrial complex, strategic priorities, digital transformation, digital technologies, qualified personnel.

References

1. Astashova E. A., Kuznetsova N. A., Zinich L. V. et al. Models of introducing digital technologies into the activities of agricultural enterprises: monograph. – Omsk: Omsk State Agrarian University, 2024. – 287 p.
2. Bannikov S. A., Garbuzova T. G., Kovaleva T. N. The essence and stages of digital transformation in the agro-industrial complex // Bulletin of NGIEI. – 2023. –No. 11 (150). – pp. 65–76.
3. Barashev V.V. The use of digital technologies in agriculture: world experience and prospects for application in Russia // Matrix of scientific knowledge. – 2021. –No. 8 (1). -WITH. 66–74.
4. Denisova N.V., Proskura D.V. Digital transformation of the Russian agro-industrial complex as a tool for innovative development // Bulletin of Eurasian Science. – 2023. – No. 6. – P. 1–9.
5. Klyukin A.D., Kivulya D.S. Sustainable development in agriculture: the use of digital technologies in industries // Agricultural Economics. –2022. –No. 9 (328). -WITH. 50–58.
6. Konovalova S. N., Mikhaleva T. A. Stages of the digitalization process as the basis for creating a program for the digital transformation of agricultural enterprises // Management of innovative development of agri-food systems at the national and regional level: collection. scientific Art. Voronezh: Mega Publishing House, 2023. – P.18-27.
7. Kuznetsov V.I., Bondarenko A.A. Digital transformation of agro-industrial complex enterprises //Tools for the development of human resources potential of the agro-industrial complex: collection. scientific Art. Volgograd: VolSU Publishing House, 2023. – P.67-76.
8. Monakhov S.V., Ukolova N.V. Digital transformation of technology transfer in agriculture: creation and use of digital platforms // AIC: economics, management. –2022. –No. 6. – S. 25–32.
9. Neganov S.A., Neganova V.P. Formation of the structure of ecosystems from the perspective of the configuration of interactions between subjects // Economics and Management. – 2022. –No. 28 (7). –P.684-693.
10. Neganova V.P. Category of value in relationship marketing. // News of the Ural State Economic University. –2012. –No. 3 (41). -WITH. 122-127.
11. Neganova V.P. Digital potential of the company: an integrated approach to its implementation. //Economics and management. – 2023. –T. 29. –No. 12. –S. 1491-1498.
12. Parpieva N. R. Digital transformation of the agro-industrial complex: new challenges and opportunities // Issues of industrial economics. – 2025. – No. 1 (9). – pp. 65–72
13. Agriculture in Russia. –2025: Stat. Sat./Rosstat. – M.: 2025.
14. Timirgaleeva R. R., Verdysh M. V., Popova A. A. Development of the agro-industrial complex in the digital environment based on integration processes // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2022. – No. 4. -WITH. 51–56.
15. Torokhova M. S. Digitalization and innovation in the development and management system of agricultural holdings and clusters as the most promising integrated structures of the agro-industrial complex // Modern Economy Success. – 2023. – No. 4. – pp. 122–126.
16. Shumakova O. V., Kryukova O. N. The Impact of Digital Technologies on Improving the Balance of Relationships between Agrifood Market Entities // Bulletin of Agrarian Science. - 2021. - No. 1 (88). - P. 143-151.
17. Hess T., Matt C., Benlian A., Wiesbuck F. Options for formulating a digital transformation strategy // MIS Quarterly Executive. 2022. Vol. 15. No. 2. P. 123-139.
18. Singh A., Klarner P., Hess T. How do chief digital officers pursue digital transformation activities? The role of organization design parameters // Long Range Planning. 2020. Vol. 53. No. 3. P. 101-109. DOI: 10.1016/j.lrp.2019.07.001.
19. Timmermans S., Iddo T. Theory Building in Qualitative Research: From Grounded Theory to Abductive Analysis. // Sociological Theory. 2012. Vol.30 (3). R. 167–186.
20. Warner K. S., Wägner M. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal // Long Range Planning. 2022. Vol.52. No.3. DOI: 10.1016/j.cie.2019.01.018. R. 326–349.

Методика оценки устойчивого развития региональных экономических систем: опыт апробации на материалах Южного федерального округа

Осетров Максим Артемович
аспирант, кафедра экономики, менеджмента и информационных технологий, Московский инновационный университет, maxim.osetrov@mail.ru

В статье представлена авторская методика оценки и прогнозирования устойчивого развития региональных экономических систем, основанная на интеграции квантильного нормирования, метода главных компонент и системы одновременных эконометрических уравнений. Проведена апробация методики на материалах восьми субъектов Южного федерального округа за 2012–2023 годы. Получены значения частных и интегральных индексов устойчивости для каждого региона, выявлены значимые межрегиональные различия, определены факторы, в наибольшей степени сдерживающие устойчивое развитие Республики Калмыкия и Республики Крым. Установлено, что Краснодарский край и Ростовская область формируют два самостоятельных центра экономического притяжения округа с принципиально различными профилями устойчивости.

Ключевые слова: устойчивое развитие, региональная экономическая система, интегральный индекс, квантильное нормирование, метод главных компонент, Южный федеральный округ, межрегиональная дифференциация.

Среди актуальных проблем региональной экономики задача комплексной оценки устойчивого развития территорий остаётся одной из наиболее сложных как в теоретическом, так и в прикладном отношении. Существующие методические подходы, как правило, либо ограничиваются набором разрозненных показателей без их интеграции в единую оценку, либо опираются на субъективное экспертное взвешивание, снижающее воспроизводимость результатов. В этой связи разработка методики, сочетающей строгость математического аппарата с практической применимостью для целей регионального управления, представляется задачей первостепенной важности [4].

Предлагаемая методика строится на последовательном выполнении нескольких взаимосвязанных процедур. На 1-м этапе осуществляется отбор базовых индикаторов устойчивого развития из числа показателей, регулярно публикуемых Федеральной службой государственной статистики. Итоговая система включает 18 показателей: 6 экономических, 6 социальных и 6 экологических. Принципиальным требованием является охват всех 3 компонентов устойчивости, а также обеспечение возможности межрегионального сопоставления [6].

Ключевой методологической новацией предлагаемого подхода является применение квантильного нормирования исходных показателей. В отличие от широко используемого линейного нормирования по формуле (x – min) / (max – min), квантильный метод опирается на медиану и интерквартильный размах в качестве параметров масштабирования. Нормированное значение j-го показателя для i-го региона определяется как отношение отклонения фактического значения от медианного к интерквартильному размаху распределения. Такой подход устойчив к наличию выбросов в данных и обеспечивает корректное сравнение регионов с принципиально различными масштабами экономики [2].

Апробация методики проводилась на материалах 8 субъектов Южного федерального округа: Республики Адыгея, Республики Калмыкия, Республики Крым, Краснодарского края, Астраханской, Волгоградской, Ростовской областей и г. Севастополя. Выбор данного округа обусловлен его значительной внутренней неоднородностью: разрыв между регионами-лидерами и аутсайдерами по ВРП на душу населения превышает 3 раза, что позволяет в полной мере проверить работоспособность методики в условиях неоднородной совокупности [5].

На 2-м этапе для каждого из 3 компонентов устойчивости проводится анализ главных компонент. В ходе апробации на материалах ЮФО 1-я главная компонента объяснила 58,3% дисперсии экономических показателей, 52,7% — социальных и 49,2% — экологических. Полученные значения свидетельствуют о наличии общих факторов развития в каждом блоке и подтверждают методологическую обоснованность подхода. Наибольший вес в экономическом индексе получил показатель ВРП на душу населения (0,248), в социальном — среднедушевые денежные доходы (0,202), в экологическом — сброс загрязнённых сточных вод (0,194) [7].

Результаты расчёта нормированных значений ключевых показателей по регионам ЮФО в 2023 году представлены в таблице 1.

Таблица 1
Нормированные значения ключевых показателей субъектов ЮФО в 2023 году

Регион	ВРП на душу населения	Инвестиции на душу населения	Уровень занятости	Выбросы в атмосферу (инв.)
Республика Адыгея	−0,73	−0,42	−1,95	0,88
Республика Калмыкия	−0,12	−1,15	−0,45	1,15
Республика Крым	−0,98	0,15	0,52	0,52
Краснодарский край	0,54	0,10	1,12	−0,85
Астраханская область	0,55	−0,65	1,35	0,28
Волгоградская область	−0,33	0,42	0,85	−0,45
Ростовская область	0,01	0,88	1,45	−0,38
г. Севастополь	−0,71	0,67	0,88	0,65

Анализ нормированных значений выявляет существенную дифференциацию регионов. Краснодарский край и Астраханская область демонстрируют значения ВРП на душу населения выше медианного

уровня (0,54 и 0,55 соответственно). Примечательна ситуация с Республикой Калмыкия: при крайне низких абсолютных экономических показателях регион получает относительно высокие нормированные оценки по ряду позиций — следствие эффекта низкой базы и реализации крупных инфраструктурных проектов. Высокая степень износа основных фондов в Астраханской области при в целом неплохих текущих показателях сигнализирует о потенциальных рисках для долгосрочной устойчивости [3].

Экологические показатели демонстрируют принципиально иную географию лидерства. Республика Адыгея, занимающая одно из последних мест по экономическим индикаторам, выходит в лидеры по экологическому блоку: высокая лесистость территории и относительно небольшая промышленная нагрузка обусловливают благоприятное состояние окружающей среды. Краснодарский край, напротив, несёт значительную экологическую нагрузку (нормированное значение выбросов −0,85): сказываются высокая концентрация промышленных производств и интенсивное сельское хозяйство. Подобные инверсии экономического и экологического благополучия — характерная черта регионов, рост которых достигается за счёт истощения природного капитала [1].

Принципиальным отличием авторской методики от существующих аналогов является использование системы одновременных структурных уравнений для расчёта интегрального индекса устойчивого развития (ISD). Данный подход позволяет учесть, что экономическая, социальная и экологическая составляющие устойчивости не являются независимыми: экономический рост создаёт ресурсную базу для социального развития, но нередко сопровождается усилением экологической нагрузки. Оценивание параметров системы уравнений методом 3-шаговых наименьших квадратов (3SLS) обеспечивает состоятельные оценки в условиях одновременности переменных [7].

Расчёт интегральных индексов устойчивого развития выявил 3 явно выраженные группы регионов. Их значения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Частные и интегральные индексы устойчивого развития регионов ЮФО

Регион	Iэкон	Iсоц	Iэкол	ISD (интегральный)
Краснодарский край	0,61	0,54	0,12	0,47
Ростовская область	0,38	0,49	0,08	0,34
Астраханская область	0,29	0,21	0,24	0,25
Волгоградская область	0,11	0,09	−0,14	0,04
г. Севастополь	0,08	0,18	0,31	0,18
Республика Адыгея	−0,24	−0,17	0,68	0,05
Республика Калмыкия	−0,31	−0,28	0,43	−0,09
Республика Крым	−0,42	−0,15	0,27	−0,14

Краснодарский край (ISD = 0,47) и Ростовская область (ISD = 0,34) образуют группу с относительно высоким интегральным индексом, обеспечиваемым прежде всего за счёт экономического и социального компонентов при умеренных экологических показателях. Промежуточную группу со средними значениями формируют Астраханская область, г. Севастополь и Волгоградская область. Республика Адыгея представляет особый случай: при значительном положительном экологическом индексе (0,68) экономическая и социальная составляющие остаются в отрицательной зоне, что обусловливает скромный итоговый показатель ISD = 0,05.

Критически низкое значение коэффициента естественного прироста в Ростовской области (нормированное значение −2,38) и Волгоградской области (−1,15) свидетельствует о глубоком демографическом неблагополучии, не компенсируемом относительно высоким экономическим статусом. Деградация демографической базы в долгосрочной перспективе подрывает воспроизводство трудовых ресурсов и ставит под сомнение устойчивость достигнутого уровня развития. Для Республики Крым и Республики Калмыкия, показывающих наиболее низкие ISD (−0,14 и −0,09 соответственно), требуются принципиально разные подходы к региональной политике: в первом случае проблема носит преимущественно экономический характер, во втором — социальный [5].

Прогнозный блок методики, основанный на векторных авторегрессионных моделях (VAR), позволяет строить согласованные сценарные прогнозы частных индексов устойчивости на горизонте 3–5 лет. Анализ функций импульсного отклика показывает, что шок в экономическом компоненте распространяется на социальный с лагом в 1–2 года, тогда как экологический компонент реагирует с запаздыванием и значительно более сглаженно. Это означает, что меры по стимулированию экономического роста создают ощутимый социальный эффект в относительно короткие сроки, однако экологические последствия носят долгосрочный накопительный характер и требуют проактивного регулирования [7].

В целом апробация предложенной методики на материалах ЮФО подтвердила её работоспособность и аналитическую ценность. Методика позволяет не только ранжировать регионы по уровню устойчивости, но и диагностировать структурные дисбалансы, идентифицировать «узкие места» развития и формировать обоснованные прогнозы. Вместе с тем дальнейшее совершенствование подхода предполагает его апробацию на более широкой выборке регионов, а также включение индикаторов цифровой трансформации и климатической устойчивости, роль которых в обеспечении долгосрочного устойчивого развития возрастает с каждым годом.

Литература

1. Рюмина Е.В. Экологический аспект оценки качества экономического роста // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2017. — Т. 10, № 5. — С. 28–42.
2. Тараненко О.Н., Пархоменко Н.А., Шибиченко Г.И. Совершенствование методов оценки функционирования экономики регионов РФ. — 2021. — С. 219–221.
3. Захаров С.В., Нечаев А.С., Сюй Л. Факторы устойчивости региональных экономических систем // Финансовый бизнес. — Иркутск, 2023. — С. 12–14.
4. Климанов В.В. Устойчивость региональных экономических систем в условиях глобальных вызовов // Сборник трудов международной научно-практической конференции. — М., 2018. — С. 18–21.
5. Коломак Е.А. Пространственное развитие России в XXI веке // Пространственная экономика. — 2019. — № 4. — С. 85–106.
6. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. — М.: Акрополь, 2007. — 60 с.
7. Шаталов М.А. Обоснование методического инструментария прогнозирования устойчивого развития региональных экономических систем // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2018. — С. 59–64.
8. Васильева Е.Е. Актуальные проблемы мониторинга финансово-экономического развития регионов России в условиях цифровизации. — 2019. — С. 33–45.

Methodology for assessing sustainable development of regional economic systems: approbation experience based on the materials of the Southern Federal District

Osetrov M.A.

Moscow Innovation University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article presents the author's methodology for assessing and forecasting the sustainable development of regional economic systems, based on the integration of quantile normalization, principal component analysis, and a system of simultaneous econometric equations. The methodology was tested on data for eight subjects of the Southern Federal District for 2012–2023. Private and integral sustainability indices were obtained for each region, significant interregional differences were identified, and factors most constraining sustainable development of the Republic of Kalmykia and the Republic of Crimea were determined. It was found that Krasnodar Krai and Rostov Oblast form two independent centers of economic gravity of the district with fundamentally different sustainability profiles.

Keywords: sustainable development, regional economic system, integral index, quantile normalization, principal component analysis, Southern Federal District, interregional differentiation.

References

1. Ryumina E.V. Environmental Aspect of Assessing the Quality of Economic Growth // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. - 2017. - Vol. 10, No. 5. - Pp. 28-42.
2. Taranenko O.N., Parkhomenko N.A., Shibichenko G.I. Improving Methods for Assessing the Performance of the Economies of the Regions of the Russian Federation. - 2021. - Pp. 219-221.
3. Zakharov S.V., Nechaev A.S., Xu L. Factors of Sustainability of Regional Economic Systems // Financial Business. - Irkutsk, 2023. - Pp. 12-14.
4. Klimanov V.V. Sustainability of Regional Economic Systems in the Context of Global Challenges // Collection of Papers of the International Scientific and Practical Conference. — M., 2018. — P. 18–21.
5. Kolomak E. A. Spatial Development of Russia in the 21st Century // Spatial Economy. — 2019. — No. 4. — P. 85–106.
6. Bobylev S. N. Sustainable Development Indicators: Regional Dimension. — M.: Akropol, 2007. — 60 p.
7. Shatalov M. A. Justification of Methodological Tools for Forecasting the Sustainable Development of Regional Economic Systems // Vector of Science of Togliatti State University. — 2018. — P. 59–64.
8. Vasilyeva E. E. Actual Problems of Monitoring the Financial and Economic Development of Russian Regions in the Context of Digitalization. — 2019. — P. 33–45.

Эмпирический анализ динамики эффективности управления нематериальными активами в российских регионах в период перехода к инновационной экономике

Петренчук Максим Дмитриевич
аспирант, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, macsim.petrenchuk@yandex.ru,

Брылов Павел Александрович
аспирант, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, brylov_pavel@mail.ru,

Фраймович Ангелина Денисовна
студент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, angelinafrai56@gmail.com

Настоящее исследование направлено на эмпирический анализ динамики освоения нематериальных активов в регионах России за период с 2015-2025 гг. Основной целью является выявление тенденций, характерных особенностей развития нематериальных активов, а также региональных различий, обусловленных расхождениями в социальной и экономической ситуации. В рамках работы рассматриваются такие показатели, как число патентов, объем НИОКР, затраты на программное обеспечение и бренды. Актуальность темы обусловлена возрастающей ролью нематериальных активов в формировании конкурентных преимуществ региона и необходимости оценки их динамики для разработки эффективных стратегий территориального роста. Для достижения целей использована панельная база данных Росстата, охватывающая годы 2015–2025, что позволяет выявлять временные тенденции и различия между регионами.

В качестве методов анализа применены регрессионные модели фиксированных эффектов, позволяющие контролировать внутренние особенности регионов. Структура исследования включает: описание источников и методов сбора данных, методов обработки и нормализации показателей, а также анализ результатов с использованием таблиц, отражающих выявленные закономерности и различия.

Ключевые слова: нематериальные активы, управление, эффективность, регионы.

В настоящее время в научной среде весьма серьезное внимание уделяется рассмотрению и анализу тенденций, закономерностей и эффективности освоения нематериальных активов в территориальном разрезе. При этом основные исследовательские вопросы включают: как меняется структура нематериальных активов в разных регионах, какие факторы влияют на их рост или снижение, и как региональные различия отражаются на динамике этих показателей [1,2].

Мониторинг источников данных и различных показателей формирует основу настоящего исследования. Основным информационным ресурсом выступают панельные данные Росстата за 2015–2025 годы, охватывающие все субъекты Федеративного устройства и фиксирующие динамику нематериальных активов на региональном уровне. Данные собираются по годам и агрегируются по единым кодам субъектов, что обеспечивает сопоставимость показателей как между регионами, так и во времени. В рамках проекта используются четыре ключевых индикатора, отражающих различные элементы нематериальных активов: патенты, НИОКР, затраты на программное обеспечение (ПО) и бренды. Их сочетание позволяет оценить как инновационный потенциал, так и активность региональных затрат на нематериальные средства [3].

Операционные определения показателей и их единицы измерения формулируются следующим образом.

- Патенты — количество патентных документов, выданных по региону в год (единица измерения: шт.). Данные получают из региональной патентной статистики, агрегированной Росстатом.
- НИОКР — общие затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в регионе за год (единица измерения: млн руб). Значения приводятся в постоянных ценах 2025 года.
- Затраты на ПО — совокупные инвестиции в программное обеспечение в регионе за год (единица измерения: млн руб). Учитываются лицензированное ПО и разработка внутреннего ПО.
- Бренды — затраты на мероприятия по брендингу, маркетинговая и репутационная активность в регионе за год (единица измерения: млн руб.). Отражают вложения в нематериальные активы, связанные с узнаваемостью и позиционированием.

Источники и структура данных обеспечивают воспроизводимость: сведения по регионам и годам приводятся в информационных блоках Росстата, с унифицированной кодировкой территорий и единиц измерения. Для подготовки к анализу допускается расчет дефляции и приведение к постоянным ценам; в дальнейшем применяются сборные показатели и стандартизированные метрики для сравнения регионов по временным рядам [4].

Собранные данные подвергаются предварительной очистке: устранение пропусков по годам и регионам, выравнивание периодов, привязка показателей к общему масштабу экономической активности территории. В процессе обработки выполняются проверки на сопоставимость единиц измерения и устранение дубликатов на уровне региональных бюро статистики. В качестве меры качества применяются последовательности контроля границ регионов, корректность кодов и согласование с макроэкономическими индикаторами региона.

Для обеспечения воспроизводимости и точности исследования описаны принципы интерпретации показателей: все значения приводятся к единой шкале и уточняются через контекст региональных особенностей (структура отраслевой экономики, численность населения, объем ВРП). В дальнейшем, на базе этих данных, планируется применять регрессионные модели и кластеризацию регионов, что требует стабильной и сопоставимой базы данных [5].

Вложения в нематериальные активы создают фундамент устойчивого развития инновационной экономики региона. Чтобы результаты исследования можно было воспроизвести, на подготовительном этапе велась работа с метаданными и документацией по источникам, а также формировалось хранилище скриптов для обработки данных и создания воспроизводимых таблиц [6]. Здесь же устанавливались базовые правила последующего анализа региональных различий; обработка панельных данных требовала систематической подготовки, включающей очистку и масштабирование для сопоставимости показателей по регионам и годам.

Исследование опирается на динамическую панель «Статистика развития сельских районов» за 2015–2025 годы, содержащую сведения о ко-

личестве патентов, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, стоимости программного обеспечения и брендов. Требовалось обеспечить единообразное кодирование регионов, унифицировать временные периоды и устранить несоответствия в значениях, поскольку только при соблюдении этих условий регрессионный анализ и кластерные процедуры дают воспроизводимые результаты, позволяя своевременно отслеживать динамику нематериальных активов.

Подготовка наборов данных охватывает несколько этапов. Во-первых, осуществляется унификация информации по регионам и привязка данных к единой временной шкале. Во-вторых, выполняется выравнивание пропусков по годам и территориям: выбор подходов к заполнению пропусков должен минимизировать систематическую погрешность и сохранять экономическую интерпретацию наблюдений. В-третьих, проводится проверка целостности записей: контроль диапазонов значений, согласование единиц измерения и приведение данных к сопоставимым базовым периодам с учётом инфляции и дефляции отраслевых цен [7].

Очистка набора данных предполагает выявление и обработку выбросов, дублирующих записей и аритмий, связанных с реорганизацией статистических методик. Применяются последовательные фильтры по физическому смыслу переменных (например, PATCH-поддержка патентной активности, медицинские и технологические сдвиги в НИОКР) и визуальный контроль тенденций по регионам. Для снижения влияния аномалий применяются устойчивые методы обработки: медианные трансформации по регионам, закрытие крайних значений и, при необходимости, локальная замена пропусков с учётом соседних лет.

Нормализация показателей необходима для сопоставимости динамики между регионами разного масштаба и уровня экономического развития. Рассматриваются две группы подходов. Во-первых, относительная нормализация, включая показатели на душу населения и на единицу валового продукта региона, а также долю затрат в структуре соответствующего индикатора. Во-вторых, стандартизация и преобразование распределений: z-оценки для каждого года и каждого показателя, а также логарифмирование при отсутствии нулевых значений с добавлением небольшого константного сдвига для нулевых наблюдений. Применяются сочетания нормализаций на выборке, обеспечивающие устойчивость коэффициентов в моделях с фиксированными эффектами и минимизирующие корреляцию между регрессорами [8].

Анализ динамики показателей (по темпам прироста, % – Т) за период 2015–2025 гг. выявил существенные различия между регионами-лидерами и отстающими территориями (табл. 1).

Таблица 1

Динамика освоения нематериальных активов на территориях-лидерах и в отстающих регионах (2015–2025 гг.)

Территория		Патенты			НИОКР			ПО		
Регион	Тип регионов	Объем (2015)	Объем (2025)	Т, %	Объем (2015)	Объем (2025)	Т, %	Объем (2015)	Объем (2025)	Т, %
Москва	Лидеры	4317	8078	87,1	67093	153674	129	28736	63410	120,7
Санкт-Петербург		4062	9362	130,5	47805	109538	129,1	45564	83084	82,3
Дагестан	Отстающие	43	65	51,2	1679	2283	36,0	-	-	-
Калмыкия		31	45	45,2	1751	2059	17,6	-	-	-
Ингушетия		33	46	39,4	1194	1680	40,7	-	-	-

За десятилетие Москва и Санкт-Петербург продемонстрировали значительный рост инновационной активности, при котором количество патентов увеличилось на 87–131 процент, а расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы возросли более чем в полтора раза. Отстающие регионы показали существенно более скромную динамику: патентная активность выросла лишь на 39–51 процент, финансирование НИОКР – на 18–41 процент. Разрыв между лидерами и аутсайдерами продолжает углубляться, что требует разработки специальных мер поддержки территорий с низким инновационным потенциалом.

Инновационная инфраструктура остается одним из главных инструментов, способных подтолкнуть к росту отстающие регионы. Сравнительный анализ региональных показателей требует унификации данных: без нее невозможно добиться сопоставимости временных рядов, нивелировать функциональные различия между территориями и обеспечить сходимость аналитических моделей. Алгоритм обработки выстраивается поэтапно. Сначала показатели пересчитываются на душу населения или на миллиард рублей валового регионального продукта, после чего проводится стандартизация по годам с опорой на среднее значение и стандартное отклонение в рамках каждого временного периода. Положительные значения логарифмируются; для пустых или околонулевых наблюдений к логарифму прибавляется константа. Финальный шаг – масштабирование по принципу «минимум–максимум», которое позволяет выстроить сравнительное ранжирование внутри исследуемой выборки.

Эффективность применяемых методов оценивается через сопоставление стабильности оценок и точности предсказаний в рамках использования регрессионных моделей с фиксированными эффектами. Для проверки устойчивости проводится анализ чувствительности: повторные вычисления на разных подвыборках, сравнение коэффициентов и стандартных ошибок, а также проверка чувствительности к выбору преобразований и к управляемому пропуску данных. В контексте эмпирического анализа отмечается: «Социальные факторы оказывают систематическое влияние на инновационную активность и, как следствие, на показатели нематериальных активов в регионе», что подчеркивает необходимость корректной нормализации прежде, чем оценивать взаимосвязи в панельной конфигурации [9].

Итоговая рекомендация состоит в применении гибридной стратегии нормализации. Это обеспечивает сопоставимость индикаторов по регионам и годам, улучшает стабильность коэффициентов в моделях и повышает воспроизводимость результатов исследования.

Результаты и обсуждение. Регрессионный анализ с моделями фиксированных эффектов

В рамках данного подраздела приводятся ключевые результаты регрессионного анализа с моделями фиксированных эффектов, выполненного на панельных данных Росстата за период 2015–2025. Базовая спецификация предполагает включение зависимой переменной, отражающей динамику показателя нематериальных активов в регионе *i* за год *t*, и набор драйверов: патентов, НИОКР, затрат на программное обеспечение и брендов.

Предлагаемая модель включает в себя региональные и годовые фиксированные эффекты, что позволяет нам отделить влияние временной динамики показателей и регионального контекста от случайных факторов, присущих конкретному региону в конкретный год [10].

Анализ данной модели включил в себя 330 наблюдений, на основе данных, полученных по 30 регионам России за период с 2015 по 2025 года, где зависимой переменной выступил нормализованный общий индекс нематериальных активов. Качество данной модели подтверждается высокими показателями объясненной дисперсии: например, внутри стран R^2 составил 0,742, между странами – 0,856, а общий показатель достиг 0,798.

Основные результаты исследования демонстрируют положительный и статистически значимый вклад каждого драйвера в динамику совокупного освоения нематериальных активов (табл. 2).

Таблица 2

Результаты панельной регрессии с фиксированными эффектами

Независимая переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
Патенты	0,342	0,045	7,6	0,0
НИОКР	0,389	0,052	7,481	0,0
Затраты на ПО	0,256	0,038	6,737	0,0
Бренды	0,187	0,41	4,561	0,0
Константа	2,145	0,312	6,875	0,0

Вклад патентов и НИОКР выражается наиболее существенно в увеличении индекса патентов на единицу, что приводит к заметному росту объема нематериальных активов в течение последующих периодов; усиление же НИОКР демонстрирует нам сопоставимую траекторию уже в региональном масштабе. Затраты на программное обеспечение также характеризуются как значимый элемент системы. Их эффект связан с усилением цифровой трансформации и внедрением новых информационных технологий в регионе. Результат, связанный с брендами, по-видимому, является постоянным, но менее значимым фактором по сравнению с техническими показателями. Однако знак, стоящий около коэффициентов, соответствует ожиданиям и сохраняется во всех основных спецификациях. Все основные коэффициенты остаются значимыми при различных спецификациях и проверках на устойчивость, что делает полученные результаты более достоверными [11].

Существует региональная неоднородность в масштабах влияния и реакции на факторы в разрезе регионов. Коэффициенты для патентов и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в Москве и Санкт-Петербурге выше и колеблются сильнее, чем на остальных территориях России, что указывает на более высокую радиально-симметричную инновационную активность. В Дагестане и Калмыкии меньшие показатели данных значений отражают фундаментальные структурные

различия в инновационной инфраструктуре, доступности квалифицированной рабочей силы и локальных рынках в целом. Эти диспропорции требуют регионального подхода при разработке политики в области использования нематериальных активов: некоторые регионы быстрее извлекают выгоду из накопленного инновационного потенциала, в то время как другим могут потребоваться целенаправленные меры для повышения эффективности патентной деятельности, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и цифровых инвестиций [12].

Ограничениями данного исследования являются потенциальная эндогенность некоторых факторов, а именно: рост нематериальных активов может одновременно приводить к росту как патентной активности, так и затрат на программное обеспечение, что можно было бы учесть с помощью дополнительных инструментов. Кроме того, анализ на основе FE-моделей может частично скрывать влияние меняющейся во времени отраслевой структуры и региональной политики. Тесты Хаусмана и оценка мультиколлинеарности показывают, что базовая спецификация предпочтительнее любых альтернативных моделей и что регрессоры не сильно коррелируют между собой. Мы не можем исключить влияние потери данных и неполноты измерений отдельных показателей в некоторых регионах и за некоторые годы.

В числе перспективных направлений исследований можно выделить следующие: применение динамических панельных методов для корректировки потенциальной эндогенности и учета запаздывающих эффектов; расширение набора переменных за счет отраслевых показателей и качественных характеристик регионального инновационного климата и инфраструктурных факторов, которые могут улучшить интерпретацию взаимосвязей.

Литература

1. Н. В. Макарова, Э. С. Кассис, Е. Р. Малицына. Инвестиции в нематериальные активы на предприятиях общественного питания // Актуальные вопросы современной экономики. 2022. № 5.: с. 837-846. DOI: 10.34755/irok.2022.45.77.051
2. А. С. Моторин. Современное региональное развитие субъектов бизнеса России в условиях ограничительного мирового воздействия // Экономические науки. 2024. №8 (237): с. 160-175. DOI: 10.14451/1.237.160
3. С. Д. Слесаренко, А. И. Кладиева, В. С. Бардаков. Поведенческие искажения на российском фондовом рынке: эмпирический анализ когнитивных биасов индивидуальных инвесторов // Прогрессивная экономика. 2025. №8: с. 221-231. DOI: 10.54861/27131211_2025_8_221
4. М. А. Карцева, Ю. Ф. Флоринская. Новые эмигранты и российский рынок труда: эмпирический анализ // Проблемы прогнозирования. 2025. №4: с.121-131. DOI: 10.47711/0868-6351-211-121-132
5. О. В. Якимова. Эмпирический анализ результативности использования социальных факторов в инновационно-технологическом развитии промышленности // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 10. – С. 6773-6790. – DOI 10.18334/epp.15.10.123799
6. С. В. Ивошин, В. А. Сухов, А.А. Власов, И. В. Васильев, П. Н. Золотарев, Ю. П. Грабоздин. Теоретико-эмпирический анализ моделей реализации внутрикорпоративного обучения управленческих кадров: международный опыт // Экономические науки. 2025. №4 (245): с. 658-664. DOI: 10.14451/1.245.658
7. Г. Г. Султанова. Эмпирический анализ влияния икт и диверсификации экспорта на неравенство доходов // Ilg‘or iqtisodiyot va pedagogik texnologiyalar. 2025. №2: 2(2): с.163-180 DOI: 10.60078/3060-4842-2025-vol2-iss2-pp163-180
8. И. Ю. Гедгафова, Г. А. Эфендиева, С. С. Сижажева. Теоретические аспекты бухгалтерского учета и аудита обесценения капитальных вложений, основных средств и нематериальных активов // Management Accounting. 2023. № 5 2023. - 105-114. DOI: 10.25806/uu52023105-114
9. Э. Р. Мухаррамова, Л. Н. Устинова. Проблематика использования нематериальных активов в хозяйственном обороте российских компании // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 10. – С. 6067-6082. – DOI 10.18334/epp.14.10.121835
10. Д. В. Калинин, А. А. Помулев. Анализ развития рынка нематериальных активов: российские и зарубежные реалии // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки / HUMANITIES, SOCIAL ECONOMIC AND SOCIAL SCIENCES. 2024. №4: с. 211-217. DOI: 10.23672/sae.2024.4.4.041
11. С. А. Лукьянова. Оценка объектов нематериальных активов как фактор создания стоимости компании // Management Accounting. 2023. № 8 с. 393-398. DOI: 10.25806/uu82023393-398
12. И. Д. Демина. Учет нематериальных активов и основных средств в организациях в условиях проведения Россией СВО // Экономические науки. 2023. №6 (223): 104-108. DOI: 10.14451/1.223.104

Empirical analysis of the dynamics of intangible assets management efficiency in Russian regions during the transition to an innovative economy

Petrenchuk M.D., Brylov P.A., Fraimovich A.D.

Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This study aims to provide an empirical analysis of the dynamics of intangible asset development in Russian regions over the period from 2015 to 2025. The main objective is to identify trends, characteristics, and regional differences in the development of intangible assets, taking into account the differences in social and economic conditions. The study focuses on indicators such as the number of patents, R&D spending, software costs, and brand equity. The relevance of this topic lies in the growing importance of intangible assets in shaping regional competitive advantages and the need to assess their dynamics in order to develop effective strategies for territorial growth. To achieve the goals, a panel database of Rosstat covering the years 2015–2025 was used, which allows for identifying time trends and differences between regions.

As analysis methods, fixed-effect regression models were applied, which allow for controlling internal features of regions. The study structure includes a description of the sources and methods of data collection, methods of processing and normalizing indicators, and an analysis of the results using tables that reflect the identified patterns and differences.

Keywords: intangible assets, management, efficiency, regions.

References

1. N. V. Makarova, E. S. Kassis, and E. R. Malitsyna. Investments in Intangible Assets at Public Catering Enterprises // Actual Issues of the Modern Economy. 2022. No. 5.: pp. 837-846. DOI: 10.34755/irok.2022.45.77.051
2. A.S. Motorin. Modern Regional Development of Russian Business Entities in the Context of Restrictive Global Impact // Economic Sciences. 2024. No. 8 (237): pp. 160-175. DOI: 10.14451/1.237.160
3. S. D. Slesarenko, A. I. Kladieva, and V. S. Bardakov. Behavioral Distortions in the Russian Stock Market: An Empirical Analysis of Individual Investors' Cognitive Biases // Progressive Economics. 2025. No. 8: pp. 221-231. DOI: 10.54861/27131211_2025_8_221
4. M. A. Kartsova, Yu. F. Florinskaya. New Emigrants and the Russian Labor Market: An Empirical Analysis // Problems of Forecasting. 2025. No. 4: pp. 121-131. DOI: 10.47711/0868-6351-211-121-132
5. O. V. Yakimova, Empirical analysis of the social factor effectiveness in the industrial innovative and technological development. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. (2025). 15(10), 6773-6790. https://doi.org/10.18334/epp.15.10.123799
6. S. V. Ivochin, V. A. Sukhov, A. A. Vlasov, I. V. Vasilyev, P. N. Zolotaryov, and Yu. P. Grabozdin. Theoretical and Empirical Analysis of Models for Implementing Intrapreneurship Training for Management Personnel: International Experience // Economic Sciences. 2025. No. 4 (245): pp. 658-664. DOI: 10.14451/1.245.658
7. G. G. Sultanova. Empirical Analysis of the Impact of ICT and Export Diversification on Income Inequality // Ilg‘or iqtisodiyot va pedagogik texnologiyalar. 2025. No. 2: 2(2): pp. 163-180 DOI: 10.60078/3060-4842-2025-vol2-iss2-pp163-180
8. Yu. Gedgafova, G. A. Efendieva, and S. S. Sizazheva. Theoretical Aspects of Accounting and Auditing of Capital Investment, Fixed Assets, and Intangible Assets Impairment // Management Accounting. 2023. No. 5 2023. - 105-114. DOI: 10.25806/uu52023105-114
9. E. R. Mukharramova, L. N. Ustinova Problems of intangible assets in the economic turnover of Russian companies. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. (2024). 14(10), 6067-6082. https://doi.org/10.18334/epp.14.10.121835
10. D. V. Kalinin, A. A. Pomulev. Analysis of the Development of the Intangible Assets Market: Russian and Foreign Realities // HUMANITIES, SOCIAL ECONOMIC AND SOCIAL SCIENCES. 2024. No. 4: pp. 211-217. DOI: 10.23672/sae.2024.4.4.041
11. S. A. Lukyanova. Valuation of Intangible Assets as a Factor in Creating Company Value // Management Accounting. 2023. No. 8, pp. 393-398. DOI: 10.25806/uu82023393-398
12. D. Demina. Accounting for Intangible Assets and Fixed Assets in Organizations in the Context of Russia's Special Military Operation // Economic Sciences. 2023. No. 6 (223): 104-108. DOI: 10.14451/1.223.104

Единая экосистема Черноземья: преимущества и риски (SWOT-анализ)

Полонов Алексей Андреевич
аспирант, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально Черноземного района – филиал Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, apolon1383@mail.ru

В работе обоснована концепция единой социально-экономической экосистемы Большого Черноземья, включающего пять регионов Центрально-Чернозёмного района (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области) и Донецкую с Луганской Народные Республики. присоединённые в 2022 г. Необходимость расширения границ региона связано с общими природными условиями и восстановлением кооперации между КМА (Курская магнитная аномалия) и Донбассом. Составленный SWOT-анализ показывает ключевые факторы развития и необходимость снижения военно-политических и инфраструктурных рисков. Главный вывод: устойчивое развитие обеспечится за счёт синергии АПК, металлургии и транзитной логистики, что потребует приоритетных инвестиций в транспортную, логистическую, цифровую, энергетическую и социальную инфраструктуру.

Ключевые слова: Черноземье, Центрально-Чернозёмный экономический район, ДНР, ЛНР, макрорегион, SWOT-анализ, Курская магнитная аномалия, агропромышленный комплекс, инфраструктурное развитие, пространственная экономика.

Введение

Геоэкономическая перестройка европейской части России, начавшаяся в 2022 г., перевела вопрос о составе и границах макрорегионов из академической плоскости в практическую. Принятие в состав Российской Федерации Донецкой и Луганской Народных Республик, Запорожской и Херсонской областей сделало необходимым пересмотр исторически сложившейся конфигурации Центрально-Чернозёмного экономического района. На повестке — целесообразность его расширения за счёт двух промышленных территорий, географически и хозяйственно тяготеющих к Курско-Белгородскому узлу [1; 2]. Стратегия пространственного развития до 2030 г., утверждённая в декабре 2024 г., и государственная программа восстановления новых субъектов до 2030 г. задают нормативный каркас этого пересмотра [3; 4].

Цель работы — стратегическая диагностика единой экосистемы Черноземья в составе пяти классических регионов ЦЧР, ДНР и ЛНР на основе развёрнутого SWOT-анализа с выделением узлов синергии и источников рисков. Научная новизна состоит в том, что впервые на уровне формализованного SWOT-инструментария оценены эффекты включения ДНР и ЛНР в чернозёмный макрорегион и предложен интегральный взгляд на связку «чернозёмный АПК — КМА — металлургия Липецка — углехимия и металлургия Донбасса».

Теоретическая рамка и методология

Опорой исследованию служат три блока отечественной экономической мысли. Системно-экономическая концепция Г.Б. Клейнера трактует экосистему как пространственно локализованный комплекс относительно автономных, но взаимозависимых субъектов [5]. Школа пространственной экономики А.Г. Гранберга и П.А. Минакира задала методологию анализа макрорегионов через призму специализации, кооперации и каркаса связей [6]. Прикладные работы К.С. Терновых, Ю.А. Китаёва, Н.И. Рудневой с соавторами интерпретируют SWOT-метод как инструмент увязки ресурсного портрета территории с внешними возможностями и угрозами [7; 8].

С 2023 г. быстро разрастается пласт публикаций об интеграции новых субъектов: И.В. Митрофанова с соавторами обосновывает экономическое возвращение Донбасса в орбиту Юга России и Центрального Черноземья [2], А.В. Половян с соавторами фиксируют решающую роль региональной промышленной политики в восстановлении ДНР [9], Е.Ф. Киреева и А.С. Поздняев разбирают специфику бюджетно-налоговой интеграции новых регионов [10], Н.А. Исаков и К.И. Неткачев систематизируют инструменты их включения в национальное пространство [11]. Между тем комплексный SWOT-анализ расширенной чернозёмной экосистемы в научной периодике пока не представлен. Методический инструментарий комбинирует развёрнутую качественную SWOT-матрицу, статистический анализ материалов Росстата и отраслевых ведомств за 2022–2024 гг. [1] и сравнение отраслевых профилей семи субъектов; при расхождении источников использовались наиболее консервативные оценки.

Обоснование состава экосистемы

В отечественной экономической географии сложились три конкурирующих подхода к границам Черноземья. Узкое понимание замыкает регион пятёркой областей ЦЧР и опирается на сетку экономических районов 1963 г. Расширенный подход добавляет Орловскую и Ростовскую области [12], в данном направление уже сделаны шаги и это создание в 2023 году Содружества «Донбасс», которое влкючает в себя Воронежскую, Ростовскую области и Донецкую и Луганскую Народные Республики. Авторская конфигурация настоящей статьи достраивает базовую пятёрку за счёт ДНР и ЛНР и опирается на четыре содержательных критерия: почвенно-климатическую общность (южная полоса Восточно-Европейского чернозёмного пояса, обыкновенные и южные чернозёмы Донбасса [13]); связанную отраслевую специализацию (чернозёмный АПК, горно-металлургический комплекс КМА, углехимия Донбасса); транспортную смежность (М-4 «Дон», Р-298, Юго-Восточная железная дорога, образующие коридор Воронеж — Ростов — Донецк — Луганск); восстанавливаемые с 2022 г. кооперационные связи через программы шефства [2]. Здесь, впрочем, необходима осторожность в оценках: административно-правовая интеграция новых субъектов всё ещё в переходном периоде, и закрепление расширенного контура потребует, на наш взгляд, отдельного межрегионального инструмента согласования.

Социально-экономический профиль регионов

Совокупное население семи субъектов превышает 13 млн человек, суммарный ВРП пяти классических областей ЦЧР по уточнённой оценке Росстата за 2023 г. приближается к 5 трлн руб. [1]. Белгородская область — ядро животноводческого кластера страны: 1,76 млн т скота и птицы на убой в 2023 г. (первое место в РФ) [14], свыше 1 млн т свинины в 2024 г.; население на начало 2025 г. — 1,48 млн человек, миграционная убыль фиксируется впервые за десятилетие на фоне трансграничных обстрелов [12]. Воронежская область — крупнейшая в ЦЧР по ВРП (свыше 1,4 трлн руб. в 2023 г.), лидер по молочному животноводству, валовому сбору зерна (6,4 млн т) и сахарной свёкле (5 488 тыс. т, 11,8 % российского урожая) [1]. Курская область — второй производитель мяса в ЦЧР, центр железорудной добычи (Михайловский ГОК — 60,6 млн т руды в 2022 г.) и крупнейший энергоузел Центральной России за счёт Курской АЭС [15]. Липецкая область соединяет АПК (5 426 тыс. т сахарной свёклы) и чёрную металлургию: НЛМК в 2024 г. выплавил 14,3 млн т стали и удерживает примерно пятую часть российского сталепрокатного рынка. Тамбовская область — традиционный свеклосахарный и зерновой регион, дополняющий профиль ЦЧР через химическую промышленность.

ДНР и ЛНР, несмотря на повреждения военного периода, сохраняют значительный промышленный потенциал. Разведанные запасы угля Донецкого бассейна — 47 млрд т, прогнозные — ещё 30 млрд т [15]. Добыча в каждой из республик в 2022 г. составила около 3 млн т против 63 млн т в Донбассе 2013 г. — масштаб сокращения очевиден. Металлургический комплекс концентрируется в ООО «ЮГМК» (Алчевский МК, Енакиевский и Макеевский МЗ, коксохимия) [9]; в октябре 2024 г. Алчевский МК запустил доменную печь № 3 после восьмилетнего простоя. По итогам 2023 г. в ДНР завершены работы по строительству и ремонту более чем на 3 500 объектах, в ЛНР — на 656; совокупный объём безвозмездных поступлений в бюджеты четырёх новых регионов превысил 513 млрд руб. [10; 11]. Инвестиционный цикл в угольную отрасль через механизм СЭЗ оценивается в 65 млрд руб., плановая добыча лидирующего арендатора к 2029 г. — 10,5 млн т в год.

SWOT-анализ единой экосистемы Черноземья

Сводные результаты диагностики представлены в таблице 1.

Таблица 1

SWOT-матрица единой экосистемы Черноземья (расширенный состав)

Сильные стороны (S)	**Слабые стороны (W)**
— КМА — около ⅔ запасов железной руды РФ и 48,7 % её добычи (2022 г.) [15]; — лидерство ЦЧР по мясу, молоку и сахарной свёкле: четыре области суммарно дают свыше 40 % урожая [14]; — НЛМК как системообразующий игрок металлургии: 14,3 млн т стали в 2024 г.; — диверсифицированная структура: АПК + металлургия + углехимия + машиностроение; — выход к Азово-Черноморскому бассейну через Мариуполь и Бердянск.	— зависимость от конъюнктуры аграрных и сырьевых рынков; — импортозависимость АПК в семенах, СЗР и генетическом материале; — износ угольной инфраструктуры Донбасса оценивается в 85 %; — разрушенный жилой фонд и коммунальные сети ДНР и ЛНР; — сокращение населения Белгородской области с 1,536 до 1,48 млн в 2022–2025 гг. [12].
Возможности (O)	**Угрозы (T)**
— программа восстановления новых регионов до 2030 г.: свыше 360 млрд руб. в 2024 г. [3]; — режим СЭЗ на территории новых субъектов до 2050 г. [11]; — замещение импортного АПК-оборудования и генетики; — развитие глубокой переработки сельхозпродукции и рост экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью. — межрегиональные кластеры Воронеж — Белгород — Донецк — Луганск; — инвестиционный импульс ДНР и ЛНР как драйвер роста для смежных регионов.	— военно-политические риски: близость линии фронта; вторжения в Курскую область в 2024 г.; — санкционное давление на металлургию и АПК; — отток кадров из приграничья; — волатильность мировых цен на зерно, сталь и уголь; — разрывы в правовой и налоговой системах в переходный период

Источник: составлено автором на основе [1; 2; 9; 10; 11; 3; 12; 14; 15].

Узлы синергии и природа рисков

АПК — переработка — экспорт. Классическая пятёрка ЦЧР даёт около половины российского сбора сахарной свёклы (Воронежская — 11,8 %, Липецкая — 11,7 %, Тамбовская — 9,5 %, Курская — 9,1 %, Белгородская — 4,4 %) и лидирует по свинине и птице [1; 14]. Присоединение черноземных массивов ДНР и ЛНР расширяет пахотный клин и формирует естественный рынок сбыта для агрохолдингов Белгорода, Воронежа и Тамбова.

КМА — Липецк — Донбасс. КМА закрывает сырьевую потребность НЛМК через Стойленский ГОК [15]. Восстановление Алчевского и Енакиевского меткомбинатов под управлением ЮГМК возвращает в оборот мощности с полным технологическим циклом и открывает оптимизацию сырьевых потоков: донбасская металлургия способна потреблять руду КМА, уголь Донбасса — поставляться на ТЭС и коксохимию ЦЧР [9].

Логистика и научная интеграция

Включение ДНР и ЛНР замыкает сухопутный коридор от Воронежа до Азовского моря и Мариуполя, открывая основу для западной ветви маршрутов «Север — Юг». Программы шефства Воронежа над районами Луганщины, Курска над Первомайским районом ДНР, Липецка над Володарским и Тамбова над Новоайдарским закрепляют образовательные и кадровые связи [2; 13].

Структура угроз асимметрична. Военно-политические риски сосредоточены вдоль восточной дуги: на наш взгляд, любое долгосрочное прогнозирование по этой дуге должно дисконтировать военно-политическую премию. Инвестиционно-инфраструктурные риски имеют макроэкономический масштаб: износ шахтной инфраструктуры около 85 %, ряд предприятий законсервирован или затоплен; разрывы в банковской и налоговой системах сохраняют повышенные транзакционные издержки [10; 11]. Социально-демографические риски усугубляются приграничной нагрузкой — Белгородская область стала лидером ЦФО по миграционной убыли в 2023–2024 гг. [12], а в новых субъектах проблему обостряют потери 2014–2022 гг. и кадровый дефицит угольной и металлургической отраслей [13]. Рыночные риски замыкают картину: выпуск стали НЛМК в 2024 г. сократился на 2,1 %, чистая прибыль — на 42 %; санкционные ограничения на экспорт в ЕС сохраняют давление на рентабельность металлургического кластера.

Инфраструктурный приоритет: акцент на интенсивное развитие

Общий вывод из SWOT-диагностики прозрачен: ни один из узлов синергии не возможен без опережающего разворачивания инфраструктуры. Именно поэтому интенсивное инфраструктурное развитие предлагается рассматривать как сквозной приоритет региональной политики Большого Черноземья — приоритет, в равной мере адресованный «старым» областям ЦЧР и новым субъектам.

Транспортная инфраструктура нуждается в немедленном масштабировании: расширение М-4 «Дон» и М-12 «Восток», достройка Приазовской железной дороги, увеличение пропускной способности подходов к портам Азово-Черноморского бассейна. Грузооборот порта Мариуполь, выросший с 150 тыс. т в 2023 г. до около 350 тыс. т в 2024 г., далёк от исторических 19 млн т, но восстановительная динамика налицо. Логистическая инфраструктура встраивает макрорегион в МТК «Север — Юг», совокупный грузопоток которого в 2024 г. достиг 26,9 млн т, а к 2030 г. оценивается в 41–45 млн т [4]. Цифровая инфраструктура — региональные платформы, точное земледелие, единые информационные среды для агрохолдингов и металлургических предприятий — повышает производительность ключевых отраслей; энергетическая (модернизация электросетей, газификация Донбасса, распределённая генерация в зонах риска) снижает уязвимость к приграничным шокам; социальная (школы, больницы, жильё в сельских территориях ЦЧР и в новых регионах) удерживает трудовой потенциал и противостоит депопуляции.

Совокупный объём заявленных федеральных программ — ЖКХ до 2030 г. — 4,5 трлн руб., транспортной составляющей нацпроектов — около 14 трлн руб., госпрограммы восстановления новых регионов на 2025–2027 гг. — 940 млрд руб. [3] — выглядит впечатляюще. Институциональным инструментом концентрации значимой части этих ресурсов на территории макрорегиона, как полагает автор, может стать межрегиональная программа развития инфраструктуры Большого Черноземья с горизонтом до 2035 г., увязывающая стратегии семи субъектов, режим СЭЗ, госпрограмму восстановления и национальные проекты в единый управленческий контур. К пяти направлениям инфраструктурной повестки разумно добавить и оборотную её сторону — целевой страховой механизм для предприятий приграничья, способный компенсировать военно-политическую премию.

Заключение

Единая экосистема Черноземья в составе классической пятёрки ЦЧР, ДНР и ЛНР не сводится к гипотетической конструкции. Её реальность подкреплена почвенной, отраслевой, логистической и институциональной общностью; SWOT-диагностика подтверждает, что макрорегион располагает редкой для страны комбинацией ресурсов мирового уровня — черноземные почвы, КМА, сталелитейные и углехимические мощности — и одновременно сталкивается с асимметричной нагрузкой военно-политических и инфраструктурных рисков. Потенциал синергии

связки «АПК — КМА — Донбасс» выше суммы отдельных региональных возможностей; реализация этого потенциала невозможна без координирующей макрорегиональной политики, опирающейся на свободную экономическую зону, программу восстановления до 2030 г. и межрегиональные кластерные механизмы. Сквозным условием — и, по убеждению автора, главным — выступает интенсивное и опережающее развитие инфраструктуры в её пяти измерениях: транспортной, логистической, цифровой, энергетической и социальной. Сочетание институционального инструментария и стратегического планирования способно превратить расширенное Черноземье из суммы регионов в устойчивую экономическую экосистему нового типа, построенную на принципах самодостаточности, самоорганизации, адаптивности, динамического равновесия огромным потенциалом роста, через глубокую переработку сырья.

Литература

1. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024 : статистический сборник / Росстат. — М., 2024. — 1126 с.
2. Митрофанова И. В. Экономическая интеграция России и Донбасса: реальность и перспективы / И. В. Митрофанова, Р. А. Ялмаев, М. А. Ялмаева // Общество: политика, экономика, право. — 2018. — № 6. — С. 51–55. — DOI 10.24158/pep.2018.6.9. — EDN XRLQTR.
3. Постановление Правительства РФ от 28.12.2023 № 2399 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации „Восстановление и социально-экономическое развитие Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской области и Херсонской области"». — URL: https://minstroyrf.gov.ru (дата обращения: 18.04.2026).
4. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года : утв. распоряжением Правительства РФ от 28.12.2024 № 4146-р. — URL: http://government.ru/docs/55890/ (дата обращения: 18.04.2026).
5. Клейнер Г. Б. Системная экономика: шаги развития : монография / Г. Б. Клейнер. — М. : Научная библиотека, 2021. — 746 с. — ISBN 978-5-907242-87-6.
6. Минакир П. А. Пространственная экономика: эволюция подходов и методология / П. А. Минакир, А. Н. Демьяненко // Пространственная экономика. — 2021. — Т. 17, № 2. — С. 13–34. — DOI 10.14530/se.2021.2.007-015. — EDN RQTLIT.
7. Терновых К. С. SWOT-анализ отрасли молочного скотоводства в ЦЧР / К. С. Терновых, Ю. А. Китаёв // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 6. — С. 168–177. — EDN ZGRKXL.
8. Руднева Н. И. SWOT-анализ развития региональных территорий: вызовы, угрозы и факторы, влияющие на экономическую безопасность / Н. И. Руднева, В. С. Шпаковская, О. И. Захарова // Наука и образование. — 2022. — Т. 5, № 3. — EDN IGGPRI.
9. Половян А. В. Региональная промышленная политика как ключевой элемент стратегии социально-экономического развития Донецкой Народной Республики / А. В. Половян, Л. Н. Бражникова, М. А. Мызникова // Вестник Института экономических исследований. — 2024. — № 1 (33). — С. 22–40. — EDN CEBRUJ.
10. Киреева Е. Ф. Бюджетно-налоговая политика в новых регионах: особенности интеграции / Е. Ф. Киреева, А. С. Поздняев // Финансовые исследования. — 2024. — № 3 (84). — С. 73–87. — DOI 10.54220/finis.1991-0525.2024.84.3.008. — EDN ZFKJCR.
11. Исаков Н. А. Инструменты интеграции новых регионов в национальное пространство Российской Федерации / Н. А. Исаков, К. И. Неткачев // Креативная экономика. — 2024. — Т. 18, № 8. — С. 2299–2316. — DOI 10.18334/ce.18.8.121505. — EDN GWEJCW.
12. Оломский А. А. Трансформация городского расселения Центрального Черноземья / А. А. Оломский, Л. И. Попкова // Географический вестник. — 2025. — № 2 (73). — С. 67–80. — DOI 10.17072/2079-7877-2025-2-67-80. — EDN YOTVDF.
13. Дружинин А. Г. Новые субъекты Российской Федерации: специфика, тренды, потенциал развития / А. Г. Дружинин // Научная мысль Кавказа. — 2022. — № 4 (112). — С. 62–74. — DOI 10.18522/2072-0181-2022-112-62-74. — EDN JPEJZN.
14. Цындрина Ю. В. Российский рынок мяса: итоги 2024 года : экспертный обзор / Ю. В. Цындрина ; ФГБУ «Центр Агроаналитики». — М., 11.04.2025. — URL: https://specagro.ru/news/202504/rossiyskiy-rynok-myasa-itogi-2024-goda (дата обращения: 26.04.2026).
15. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2022 году» / Минприроды России, Роснедра. — М., 2024. — 622 с.

The unified ecosystem of the chernozem region: advantages and risks (swot analysis)

Polonov A.A.

The Scientific Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem District is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The paper develops the concept of a unified socio-economic ecosystem of the Chernozem macroregion in an extended configuration: five subjects of the Central Chernozem Economic District (Belgorod, Voronezh, Kursk, Lipetsk, Tambov oblasts) and the Donetsk and Lugansk People's Republics admitted to the Russian Federation in 2022. The author's interpretation of macroregional boundaries rests upon soil-climatic commonality and the restoring production cooperation between the Kursk Magnetic Anomaly metallurgical cluster and Donbas. A SWOT matrix identifies four groups of strategic factors and grounds proposals for offsetting military-political and infrastructural risks through synergy in agri-food, mining-metallurgical and transit-logistic complexes. The paper argues that sustainable functioning of the ecosystem requires intensive infrastructure development — transport, logistics, digital, energy and social — as a cross-cutting priority of regional policy.

Keywords: Chernozem region, Central Chernozem Economic District, DPR, LPR, macroregion, SWOT analysis, Kursk Magnetic Anomaly, infrastructure development, spatial economy.

References

1. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2024 : statistical collection / Rosstat. — M., 2024. — 1126 p.
2. Mitrofanova I. V. Economic integration of Russia and Donbass: reality and prospects / I. V. Mitrofanova, R. A. Yalmaev, M. A. Yalmayeva // Society: politics, economics, law. - 2018. — No. 6. — pp. 51-55. — DOI 10.24158/pep.2018.6.9. — EDN XRLQTR.
3. Decree of the Government of the Russian Federation dated 12/28/2023 No. 2399 "On Approval of the State program of the Russian Federation "Restoration and Socio-economic Development of the Donetsk People's Republic, Lugansk People's Republic, Zaporizhia region and Kherson region"". — URL: https://minstroyrf.gov.ru (date of access: 04/18/2026).
4. Strategy of Spatial Development of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2036 : approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 12/28/2024 No. 4146-R. — URL: http://government.ru/docs/55890 / (date of access: 04/18/2026).
5. Kleiner G. B. System economics: steps of development: a monograph / G. B. Kleiner. Moscow : Scientific Library, 2021. 746 p. ISBN 978-5-907242-87-6.
6. Minakir P. A. Spatial economics: the evolution of approaches and methodology / P. A. Minakir, A. N. Demyanenko // Spatial economics. — 2021. — Vol. 17, No. 2. — pp. 13-34. — DOI 10.14530/se.2021.2.007-015. — EDN RQTLIT.
7. Ternov K. S. SWOT analysis of the dairy cattle industry in the Central Asian Republic / K. S. Ternov, Yu. A. Kitaev // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. — 2021. — No. 6. — pp. 168-177. — EDN ZGRKXL.
8. Rudneva N. I. SWOT analysis of the development of regional territories: challenges, threats and factors affecting economic security / N. I. Rudneva, V. S. Shpakovskaya, O. I. Zakharova // Science and Education. — 2022. — Vol. 5, No. 3. — EDN IGGPRI.
9. Polovyan A.V. Regional industrial policy as a key element of the strategy of socio-economic development of the Donetsk People's Republic / A.V. Polovyan, L. N. Brazhnikova, M. A. Myznikova // Bulletin of the Institute of Economic Research. — 2024. — № 1 (33). — Pp. 22-40. — EDN CEBRUJ.
10. Kireeva E. F. Fiscal policy in new regions: features of integration / E. F. Kireeva, A. S. Pozdnyaev // Financial Research. — 2024. — № 3 (84). — Pp. 73-87. — DOI 10.54220/finis.1991-0525.2024.84.3.008. — EDN ZFKJCR.
11. Isakov N. A. Tools for integrating new regions into the national space of the Russian Federation / N. A. Isakov, K. I. Netkachev // Creative Economy. — 2024. — Vol. 18, No. 8. — pp. 2299-2316. — DOI 10.18334/ce.18.8.121505. — EDN GWEJCW.
12. Olomsky A. A. Transformation of urban settlement in the Central Chernozem region / A. A. Olomsky, L. I. Popkova // Geographical bulletin. — 2025. — № 2 (73). — Pp. 67-80. — DOI 10.17072/2079-7877-2025-2-67-80. — EDN YOTVDF.
13. Druzhinin A. G. New subjects of the Russian Federation: specifics, trends, development potential / A. G. Druzhinin // Scientific thought of the Caucasus. — 2022. — № 4 (112). — Pp. 62-74. — DOI 10.18522/2072-0181-2022-112-62-74. — EDN JPEJZN.
14. Tsyndrina Yu. V. The Russian meat market: results of 2024 : an expert review / Yu. V. Tsyndrina; Federal State Budgetary Institution "Center for Agroanalytics", Moscow, 04/11/2025. URL: https://specagro.ru/news/202504/rossiyskiy-rynok-myasa-itogi-2024-goda (date of reference: 04/26/2026).
15. State Report "On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2022" / Ministry of Natural Resources of Russia, Rosnedra, Moscow, 2024, 622 p.

Формирование портфеля инвестиций страховой компании на рынке медицинского страхования

Родионова Людмила Николаевна
профессор кафедры экономики предпринимательства, доктор экономических наук, профессор, Уфимский университет науки и технологий, rodion@ufanet.ru,

Можаев Анатолий Юрьевич
заместитель министра, соискатель, Министерство здравоохранения Республики Башкортостан, mozhaevanatolii@yandex.ru

В статье рассмотрены и предложены постановка, формализация и реализация задачи формирования портфеля ценных бумаг для страховой компании на рынке медицинского страхования с учетом ограничений, накладываемых на компании данного типа инвесторами и законодательством. Предложен вариант эффективной диверсификации, то есть не просто добавление активов к портфелю, но добавление таких активов, доходы которых имеют самые низкие корреляции с активами, присутствующими в портфеле. В статье доказано, что учет взаимной корреляции доходностей активов с целью снижения риска отличает стратегию диверсификации Г. Марковица от стратегии наивной диверсификации. Реализация задачи предложена с помощью описания алгоритма нахождения оптимального портфеля в пакете **PTC Mathcad Prime 11.0.**

Ключевые слова: страховая компания, портфель ценных бумаг, эффективная диверсификация, оптимизация.

Введение

Медицинское обеспечение с помощью страховых компаний в России реализуется через две основные системы: обязательное медицинское страхование (ОМС) и добровольное медицинское страхование (ДМС). Страховые компании выступают посредниками между пациентом и медицинским учреждением, оплачивая услуги и контролируя их качество. Обеспечение доходности и надежности страховых компаний на финансовом рынке в условиях санкционных ограничений, а по существу – дестабилизации работы фондового рынка – является актуальной задачей, в том числе для устойчивого функционирования системы здравоохранения.

Страховые компании инвестируют собранные премии (резервы) для получения дохода и обеспечения выплат. Ключевые направления включают надежные корпоративные облигации, банковские депозиты, государственные ценные бумаги и недвижимость. Инвестирование строго регулируется принципами диверсификации, ликвидности, возвратности и доходности – под контролем Банка России.

Основной объем инвестиций формируется из страховых резервов (около 77 % от собранных премий), которые должны быть обеспечены активами. Существуют и законодательные ограничения: запрещено инвестировать в рискованные инструменты, включая векселя третьих лиц, и выдавать займы из средств страховых резервов. С 2025 г. устанавливаются дополнительны требования к деятельности страховых компаний [1, 2].

Предметом исследования являются теоретические, методические и практические аспекты формирования портфеля инвестиций страховой компании на рынке медицинского страхования в нестабильной экономической среде.

Объектом исследования являются страховые компании Российской Федерации.

Научная новизна заключается в исследовании и разработке методических принципов и практических рекомендаций по формированию оптимального портфеля инвестиций страховых компаний на рынке медицинского страхования с целью обеспечения надежности и доходности функционирования данных финансовых институтов.

Постановка задачи

Страховая компания (СК) как коллективный инвестор постоянно имеет дело с портфелями активов, следовательно, основной задачей является оптимизация портфеля активов СК. И естественно в данном случае необходима такая оптимизация портфеля, которая позволила бы учесть все особенности и требования предъявляемые к СК.

Методологической основой исследования являются системный подход и общая теория систем, в качестве методов исследования использовалась теория формирования портфеля Г. Марковица, эконометрические и статистические методы исследования.

Исследованиями теории функционирования рынков капитала, а также формирования инвестиционного портфеля на фоновом рынке в общем случае занимались известные зарубежные и российские ученые, среди которых можно отметить: Брейли Р. [3], Дамодарана А. [4], Линтнера Дж. [5], Ю. Фама [6], Шарпа У. [7], Алехина Б.И. [8], Миркина Я.М. [9] и многих других.

В нашем исследовании из теории портфеля (основоположником современной теории портфеля является американский экономист **Гарри Марковиц [10]**) воспользуемся такими категориями как: доходность портфеля за фиксируемый период, математическое ожидание, риск как вариация меры возможных отклонений от ожидаемого значения. Чтобы измерить риск портфеля, нам нужно не только знать вариацию доходов отдельных ценных бумаг, но и степень, с которой доходы пар ценных бумаг колеблются вместе. Нам необходимо знать ковариацию или же корреляцию доходов каждой пары активов в портфеле.

Например, ковариация двух активов рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathrm{cov}(R_i, R_j) = p_1[r_{i1} - E(R_i)][r_{j1} - E(R_j)] + p_2[r_{i2} - E(R_i)][r_{j2} - E(R_j)] + \\ + \ldots + p_N[r_{iN} - E(R_i)][r_{jN} - E(R_j)], \quad (1)$$

где r_{in} – n -е возможное значение доходности актива i; r_{jn} – n -е возможное значение доходности актива j; p_n – вероятность реализации n -го значения доходности для активов i, j; N – число возможных значений

В современных условиях, когда риск не поддается моделированию, доходы по ценным бумагам не могут быть полностью коррелированы. Таким образом, как показывают исследования в этой области «… среднее квадратическое отклонение портфеля будет меньше, чем средняя взвешенная средних квадратичных отклонений отдельных ценных бумаг. Более того, среднее квадратическое отклонение портфеля падает, когда снижается степень корреляции пар активов» [11].

Среди инвесторов и математиков-исследователей бытует мнение, что диверсификация – это формирование портфеля ценных бумаг из таких активов, доходы которых имеют самые низкие корреляции с активами, присутствующими в портфеле. При этом должен уменьшаться риск без снижения его доходности, что на практике представляет весьма сложную задачу. Некоторые инвесторы включают в портфель недвижимость как самый надежный актив, некоторые – формируют портфель только из обыкновенных акций и пр.

По диверсификации, предложенной Г. Марковицем, риск снижается за счет включения активов с низкой или отрицательной корреляцией, обеспечивая максимальную доходность при заданном уровне риска. Она базируется на расчете оптимальных пропорций активов, а не простом увеличении их количества, что создает так называемую «эффективную границу» портфелей [10].

Оптимальный портфель в нашем случае определяется как имеющий минимальную дисперсию при заданном уровне дохода.

Типичной целевой функцией для портфеля рискованных активов будет:

минимизировать $Z = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} W_i W_j [\mathrm{cov}_{ij}]$, (2)

где Z – общий риск; W_i – веса активов в портфеле.

Согласно теории Г. Марковица «…Так как риск портфеля активов представляет собой функцию дисперсий и ковариаций активов и дисперсия отдельного актива равна его ковариации с самим собой, а также дисперсия рассчитывается по отклонениям в квадрате, то таким образом целевая функция нелинейная – это квадратичная функция» [10].

Целевая функция всегда задается с учетом набора ограничений; например:

1) средства необходимо инвестировать в каждый из активов;

2) все средства должны быть полностью инвестированы;

3) что минимальный риск должен быть достигнут при условии получения какого-то минимального уровня дохода.

Эти три ограничения можно отобразить как

1) $W_i > 0$

2) $\sum_{i=1}^{N} W_i = 1$ (3)

3) $R \geq 0{,}10$

Могут быть добавлены дальнейшие ограничения, подобные двум указанным ниже. На практике инвестор обычно ограничивает процесс выбора.

Портфельная задача таким образом состоит в минимизации дисперсии портфеля при каком-то минимально допустимом уровне дохода. Как было выше показано, дисперсия портфеля Z может быть выражена как произведение транспонированного вектора W, то есть $\overline{W}^T$, дисперсионно ковариационной матрицы Ω и вектора W, то есть, $\overline{W}$. Следовательно, задача является задачей квадратичного программирования и может быть формально записана следующим образом:

минимизировать $Z = \overline{W}^T \Omega \overline{W}$ (4)

при $W_a + W_b + W_c = 1$ (5)

$W_a E(r_a) + W_b E(r_b) + W_c E(r_c) \geq R$, (6),

где R – это минимальный приемлемый уровень дохода.

Теперь перейдем непосредственно к задаче оптимизации портфеля, которая возникает для страховой компании. Как говорилось выше, решающими в составление (в выборе) портфеля будут ограничения, которые накладываются исходя из специфики деятельности.

Исходные данные по ценным бумагам представляются в виде представленном в таблице 1.

Таблица 1

Доходность активов

Период	Актив 1	Актив 2	Актив 3
1-2	-0,194	0,010	0,036
2-3	-0,031	-0,040	0,027
3-4	0,119	0,139	0,039
4-5	0,418	0,279	-0,131
5-6	-0,041	0,000	-0,026
6-7	-0,217	-0,190	0,281
7-8	0,308	0,195	0,474
8-9	-0,002	0,196	0,004

В таблице представлены данные по доходности активов за одни и тот же период. По таблице 1 находим статистическую оценку для математического ожидания таблица 2, дисперсии, ковариации таблица 3.

Таблица 2

Средние значения доходности для активов

Актив 1	Актив 2	Актив 3
0,2553	0,1675	0,1452

Таблица 3

Ковариационная матрица доходностей активов

Список активов	Актив 1	Актив 2	Актив 3
Актив 1	0,080	0,039	0,008
Актив 2	0,039	0,025	-0,002
Актив 3	0,008	-0,002	0,035

Теперь запишем постановку задачу оптимизации портфеля активов страховой компании с учетом ограничений. Для того чтобы удовлетворить ограничения, накладываемые инвесторами или законодательством, и представить портфель в максимально общем виде рассмотрим 16 видов ценных бумаг. Предполагается, что бумаги отобраны с учетом их взаимной ковариации. Будем предполагать, что требования по степени риска объектов размещения удовлетворяются на этапе первоначального выбора объектов вложения, поэтому явно в модели не учитываются. Основными ограничениями, которые в наибольшей степени влияют на внешний вид модели, являются ограничения, накладываемые на состав размещаемых резервов, а также ограничения по виду доходности вложения. Количество в 16 ценных бумаг обосновывается тем, что сначала были отобраны самые важные и крупные из возможных направлений вложения и затем они были распределены следующим образом:

а) 4 объекта представлены ценными бумагами учредителей и вкладчиков фонда (облигации, акции, векселя);

б) 6 объектов представлены ценными бумагами других эмитентов;

в) 6 объектов представлены банковскими вкладами (сертификаты) и недвижимостью.

Функцию цели запишем в следующем виде:

минимизировать $Z = \overline{W}^T \Omega \overline{W}$

или (7)

$$\min Z = W_1^2\sigma_1^2 + W_2^2\sigma_2^2 + \ldots + W_{16}^2\sigma_{16}^2 + 2W_1W_2(\mathrm{cov}_{(1)(2)}) + \\ + \ldots + 2W_{15}W_{16}(\mathrm{cov}_{(15)(16)})$$

Ограничения будут выглядеть следующим образом:

$W_1 + W_2 + \ldots + W_{16} = 1$ (8)

Выражение (8) говорит о том, что все средства должны быть полностью инвестированы.

$W_1 E(r_1) + W_2 E(r_2) + \ldots + W_{16} E(r_{16}) \geq R$, (9)

Выражение (9) говорит о том, что минимальный риск должен быть достигнут при условии получения какого-то минимального дохода.

$W_i > 0$ (10)

Выражение (10) говорит о том, что какие-то средства необходимо инвестировать в каждый из активов.

$W_i \leq 0{,}10$ (11)

Выражение (11) удовлетворяет ограничению о том, что стоимость резервов размещенных в один объект, не может превышать 10 процентов общей стоимости резервов.

$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \leq 0{,}30$ (12)

Выражение (12) удовлетворяет ограничению о том, что общая стоимость резервов, размещенных в ценные бумаги, выпущенные учредителями и вкладчиками компании, не должна превышать 30 процентов стоимости резервов.

$W_5 + W_6 + W_7 + W_8 + W_9 + W_{10} \leq 0{,}50$ (13)

Выражение (13) удовлетворяет ограничению о том, что в ценные бумаги других эмитентов допускается размещать суммарно не более 50 процентов стоимости резервов.

$$W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{15} + W_{16} \le 0{,}50 \quad (14)$$

Выражение (14) удовлетворяет ограничению о том, что в банковские вклады и недвижимость допускается суммарно не более 50 процентов стоимости пенсионных резервов.

$$W_3 + W_4 + W_8 + W_9 + W_{10} + W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14} \ge 0{,}50 \quad (15)$$

Выражение (15) удовлетворяет ограничению о том, что во вложения с установленной доходностью (облигации, банковские депозиты векселя и т.п.) должно размещаться не менее 50 процентов стоимости активов.

Теперь перейдем непосредственно к реализации поставленной выше задачи. Исходные данные, используемые при решении задачи, условно заданы ввиду коммерческих закрытых показателей страховых компаний. Кроме этого, существуют дополнительные причины: во-первых, фондовый рынок находится в состоянии спада, а рассчитываемый оптимальный портфель ценных бумаг является обобщающим; во-вторых, информация о существующих ценных бумагах недостаточно корректна для ее использования в модели.

Общее описание алгоритма нахождения оптимального портфеля в пакете **PTC Mathcad Prime 11.0**.

Шаг 1. Сформируем матрицы R1 и R2, где матрица R1 состоит из столбцов доходности первых 8-ми активов, а матрица R2 состоит из столбцов доходности последних 8-ми активов.

Шаг 2. Найдем матрицу ковариаций каждого актива с каждым.

Шаг 3. Формируем вектор средних доходностей.

Шаг 4. Так как целевая функция представляет собой квадратичную форму, запишем ее в пакете **PTC Mathcad Prime 11.0**.

Шаг 5. Введем начальные значения для переменных w_i.

Шаг 6. Запишем систему ограничений:

Шаг 7. Используем встроенную функцию ***minimize***, которая возвращает вектор оптимальных значений:

Мы получили оптимальный портфель ценных бумаг, который при заданном уровне дохода минимизирует риск.

В результате решения задачи мы получили следующие результаты:

а) удельный вес ценных бумаг в оптимальном портфеле наиболее наглядно представлены на диаграмме (рис. 1);

б) значение целевой функции Q = 0,00001193.

Низкое значение целевой функции объясняется тем, что значительная часть ценных бумаг из исходных данных имеет небольшое колебание доходности, вследствие чего ее вариация, определяющая значение риска, невелика.

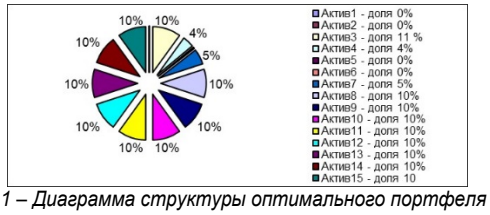


Рисунок 1 – Диаграмма структуры оптимального портфеля

Заключение

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

а) ценные бумаги, вариация которых велика, не вошли в оптимальный портфель, так как они повышают общий риск портфеля;

б) ценные бумаги, вариация которых имеет небольшое значение, вошли в оптимальный портфель, так как из-за малого значения вариации они являются менее рискованными и, следовательно, снижают общей риск портфеля;

в) ценные бумаги, которые имеют сходные характеристики, входят в оптимальный портфель примерно в равных долях;

г) исследования, проведенные авторами в [12], позволят использовать полученные данные методические рекомендации по формированию оптимального портфеля ценных бумаг страховой компании при организации медицинского сопровождения на определенных территориях.

Литература

1. Решение Совета директоров Банка России от 24.12.2024. О требованиях к деятельности страховых организаций и обществ взаимного страхования. [Электронный ресурс]: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_ doc_LAW_494501/ (дата обращения 30.04.2026 г.).
2. Указание Банка России от 22.02.2017 N 4297-У (ред. от 09.01.2018). О порядке инвестирования средств страховых резервов и перечне разрешенных для инвестирования активов. [Электронный ресурс]: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216940/fe674f2b1d064155b1002fb015f7aedcfa7a3e03/ (дата обращения 30.04.2026 г.).
3. Брейли, Р., Майерс, С. Принципы корпоративных финансов / Пер. с англ. Н. Барышниковой. – М.: ЗАО «Олимп—Бизнес», 2008. – 1008 с: .
4. Дамодаран, А. Инвестиционная оценка: инструменты и методы оценки любых активов : перевод с английского / А. Дамодаран. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Альпина Паблишер, 2017. – 1316 с
5. Линтнер, Дж. Оценка рисковых активов и выбор рискованных инвестиций в акции. //*Обзор экономики и статистики.* – Т. 14. – 1965– С. 13–37.
6. Фама, Ю. Финансовое посредничество и контроль уровня цен // Экономическая политика. – 2013. – № 6. – С. 161–185.
7. Шарп, У., Александер, Г., Бэйли, Д. Инвестиции: Пер. с англ. – М.: Инфра-М., 2001, XII. –1028 с.
8. Алехин, Б. И. Рынок ценных бумаг. – М.: Юрайт, 2018. – 497 с.
9. Миркин, Б. М. Рынок ценных бумаг России: воздействие фундаментальных факторов, прогноз и политика развития. – М.: «Альпина Паблишер», 2002. – 624 с.
10. Markowitz, H. M., Mean Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets. Basil. Blackwell. – 1990.
11. Соловьев, Ю. П., Семенов, В. П., Гринцявичус, Р. К., Ульянецкий, М. М., Семенова, Е. В. Стратегия диверсификации Г. Марковица – эффективный инструмент исследования Российского фондового рынка // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2008. № 6. С.80–96.
12. Родионова, Л. Н., Можаев, А. Ю. Интеллектуальные методы принятия решений в организации системы здравоохранения территории // Системная инженерия и информационные технологии. – 2025. –Т. 7. – № 1 (20). – С. 13–20.

Formation of an Investment Portfolio for an Insurance Company in the Health Insurance Market

Rodionova Ly.N., Mozhaev A.Yu.

Ufa University of Science and Technology, Ministry of Health of the Republic of Bashkortostan

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the process of constructing a securities portfolio for an insurance company operating in the health insurance market, taking into account the legal restrictions specific to this sector. The proposed approach to effective diversification emphasizes not the mere expansion of the portfolio, but the inclusion of assets whose returns show the lowest correlation with those already held. The research demonstrates that considering mutual correlations of asset returns is what differentiates the Markowitz diversification model from the naive diversification strategy. The portfolio optimization problem is implemented through an algorithm developed in **PTC Mathcad Prime 11.0.**

Keywords: insurance company, securities portfolio, effective diversification, optimization.

References

1. Resolution of the Board of Directors of the Bank of Russia dated 24.12.2024. On requirements for the activities of insurance organizations and mutual insurance societies. [Electronic resource]: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_ doc_LAW_494501/ (accessed on 30.04.2026).
2. Bank of Russia Instruction dated 22.02.2017 No. 4297-U (as amended on 09.01.2018). On the procedure for investing insurance reserve funds and the list of assets permitted for investment. [Electronic resource]: URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216940/fe674f2b1d064155b1002fb015f7aedcfa7a3e03/ (date of access 04/30/2026).
3. Brailey, R., Myers, S. Principles of Corporate Finance / Translated from English by N. Baryshnikova. - M .: ZAO "Olimp-Business", 2008. - 1008 p: .
4. Damodaran, A. Investment Valuation: Tools and Methods for Valuing Any Assets: translated from English / A. Damodaran. - 10th ed., revised and enlarged. – Moscow: Alpina Publisher, 2017. – 1316 p.
5. Lintner, J. Valuation of Risky Assets and the Choice of Risky Stock Investments // Review of Economics and Statistics. – Vol. 14. – 1965– Pp. 13–37.
6. Fama, Yu. Financial Intermediation and Price Control // Economic Policy. – 2013. – No. 6. – Pp. 161–185.
7. Sharpe, W., Alexander, G., Bailey, D. Investments: Trans. from English. – Moscow: Infra-M, 2001, XII. –1028 p.
8. Alekhine, B. I. The Securities Market. – Moscow: Yurait, 2018. – 497 p.
9. Mirkin, B. M. The Russian securities market: the impact of fundamental factors, forecast and development policy. Moscow: Alpina Publisher, 2002. 624 p.
10. Markowitz, H. M., Mean Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets. Basil. Blackwell. 1990.
11. Soloviev, Yu. P., Semenov, V. P., Grintsyavichus, R. K., Ulyanetsky, M. M., Semenova, E. V. H. Markowitz's diversification strategy – an effective tool for studying the Russian stock market // Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics. 2008. No. 6. pp. 80–96.
12. Rodionova, L. N., Mozhaev, A. Yu. Intelligent methods of decision-making in organizing the territorial healthcare system // Systems engineering and information technology. - 2025. -V. 7. - No. 1 (20). - P. 13-20.

Инструменты мониторинга экономической безопасности региона в условиях современных вызовов

Рябинин Валерий Игоревич
аспирант, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

В исследовании представлено теоретико-методологическое обоснование необходимости трансформации систем мониторинга экономической безопасности субъектов Российской Федерации. Автор доказывает, что в условиях высокой турбулентности, санкционного давления и структурных сдвигов традиционная модель контроля, опирающаяся на ретроспективные данные официальной статистики, теряет свою управленческую применимость. В работе математически и экономически обоснован феномен «институционального лага» принятия решений, ведущий к каскадному увеличению бюджетных расходов на ликвидацию кризисов. С позиций теории информации и поведенческой экономики доказана необходимость перехода от статической (констатирующей) модели к динамической (превентивной) системе мониторинга на базе больших данных (Big Data). Сформулированы ключевые эффекты и экономический смысл внедрения платформенных решений реального времени для органов исполнительной власти.
Ключевые слова: экономическая безопасность региона, мониторинг, институциональный лаг, Big Data, эффективность госуправления, превентивные решения, современные вызовы.

Экономическая безопасность регионов становится неотъемлемой частью стратегии устойчивого и долгосрочного развития, поскольку она представляет собой сложную совокупность факторов, оказывающих влияние на экономическую стабильность и конкурентоспособность различных территорий. Угрозы экономической безопасности могут проявляться через неблагоприятные изменения на финансовые потоки, инвестиционную нестабильность, а также через социальные конфликты и напряженность в обществе. Следовательно, необходимость внедрения эффективных инструментов управления экономической безопасностью направлена на минимизацию этих рисков и создание оптимальных условий для гармоничного и системного развития.

Целью настоящего исследования является научное и экономическое обоснование объективной необходимости внедрения новых динамических инструментов мониторинга региональной безопасности, основанных на технологиях Big Data и данных реального времени, а также доказательство экономической неэффективности сохранения существующей ретроспективной модели. В современных условиях экономическая безопасность рассматривается через призму новейших и актуальных угроз, таких как кибератаки, глобализация, изменение климата и прочие факторы. Успешное и результативное управление этими факторами требует комплексного анализа и выработки адекватных методов регулирования, направленных на минимизацию последствий и обеспечение устойчивости региональных систем [8].

Экономическая безопасность региона представляет собой сложный и многогранный комплекс процессов, который включает в себя ряд ключевых элементов. Эти элементы находятся в тесной взаимосвязи и оказывают значительное влияние на общую стабильность региона. Основные из этих ключевых аспектов можно выделить следующим образом:

- Экономическая устойчивость — это способность региона к адаптации, а также эффективному восстановлению после воздействия внешних шоков и негативных факторов, таких как финансовые кризисы или природные катастрофы.
- Социальное спокойствие — это состояние, характеризующееся отсутствием конфликтов, что способствует нормальному и стабильному функционированию бизнес-среды, обеспечивает уверенность среди граждан и предпринимателей.
- Институциональная структура — это наличие хорошо организованной и эффективной системы управления, которая способна оперативно и адекватно реагировать на изменения в экономической и социальной среде региона.

В работе Глазьева С.Ю., автор досконально рассматривает стратегию опережающего развития России в условиях глобального кризиса. Он акцентирует внимание на необходимости создания устойчивых экономических систем, которые могли бы эффективно противостоять разрушительным внешним факторам, приводящим к экономическим трудностям. Важно, что Глазьев С.Ю. подчеркивает значимость предвидения и адаптации в процессах управления, что имеет критическое значение для обеспечения экономической безопасности на региональном уровне. Основные положения, освещенные в его работе, включают [6]:

- Прогнозирование экономической ситуации как основа для выработки и формирования стратегий безопасного и устойчивого развития.
- Формирование институтов, способных эффективно реагировать на вызовы внешней среды и изменяющиеся условия.

Факторы, которые оказывают влияние на экономическую безопасность регионов, представляют собой множество переменных, которые взаимодействуют друг с другом и формируют, в конечном итоге, устойчивость экономических систем на уровне отдельных территорий. Важно понимать, что экономическая безопасность региона не является статичной категорией, а представляет собой динамичный процесс, подверженный влиянию как внутренних, так и внешних факторов, что делает её довольно сложно управляемой и требует постоянного мониторинга и адаптации стратегии.

К основным факторам, которые оказывают значительное влияние на экономическую безопасность регионов, можно отнести следующие:

Экономические факторы

Экономическая стабильность региона является одним из ключевых показателей, которые определяют уровень экономической безопасности данного региона. К этим факторам относятся такие показатели, как уровень валового регионального продукта (ВРП), уровень безработицы,

объем денежных потоков и инвестиции [2; 4]. Например, высокие показатели ВРП могут свидетельствовать о развитой и процветающей экономике, способной обеспечить достаточное количество рабочих мест и привлечь интерес инвесторов. Однако если наблюдается низкий уровень диверсификации экономики, это может привести к уязвимости региона перед внешними экономическими шоками, такими как изменения на мировых рынках или кризисы в соседних странах.

Социальные факторы

Социальная стабильность региона непосредственно влияет на его экономическую безопасность, поскольку уровень доходов, доступ к качественному образованию и здравоохранению формируют общий уровень жизни населения. Например, в регионах, где наблюдается высокий уровень безработицы и бедности, часто возникает рост социальной напряженности; это может привести к протестам и снижению общего уровня экономической активности и развитию социального недовольства. Занятость населения и качество образовательной инфраструктуры оказывают значительное влияние на возможности формирования и поддержания квалифицированной рабочей силы, что является основополагающим для достижения экономической стабильности и устойчивого развития [7].

Политические факторы

Политическая стабильность и эффективность государственного управления также играют важную роль в вопросах экономической безопасности регионов. Наличие четкой и надежной законодательной базы, которая защищает инвестиции и обеспечивает правопорядок, создает благоприятную среду для развития бизнеса [5]. Например, регионы с высоким уровнем коррупции и политической нестабильности, как правило, сталкиваются с сокращением объемов инвестиций и миграцией специалистов в более стабильные и предсказуемые территории.

Экологические факторы

Экологические аспекты становятся все более актуальными и значительными в контексте обеспечения экономической безопасности, особенно из-за происходящих глобальных изменений климата. Регионы, которые подвержены различным экологическим катастрофам, таким как наводнения, засухи или ухудшение качества воздуха, сталкиваются с серьезными угрозами, которые могут существенно отрицательно сказаться на здоровье населения и, соответственно, на экономической активности в данном регионе.

Институциональные факторы

Наличие и эффективность институтов, которые несут ответственность за управление экономикой региона, критически важны для обеспечения его экономической безопасности. Эти институты должны обеспечивать правовую защищенность, а также честность и прозрачность в бизнес-процессах, что создает доверие со стороны предпринимателей и инвесторов.

Взаимодействие указанных факторов создает сложную и многослойную сеть взаимных зависимостей, которая требует от региональных управляющих не только глубокого понимания текущей ситуации, но и способности адаптироваться к постоянно меняющимся условиям и вызовам. Это подразумевает необходимость комплексного анализа каждого из факторов и их влияния на экономическую безопасность региона в целом. Прогнозирование и постоянный мониторинг этих факторов способны значительно повлиять на процесс принятия решений и разработку стратегий, направленных на минимизацию рисков и повышение устойчивости регионов в условиях нестабильности и потенциальных угроз.

В мае 2017 года была принята Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года, которую можно считать вектором регионального развития и основой для определения приоритетных задач экономической безопасности, среди которых обеспечение устойчивого социально экономического развития; стабилизация развития финансовой системы [1; 3]; развитие системы государственного управления; развитие человеческого потенциала; создание оптимальной нормативно-правовой базы для обеспечения инновационного развития во всех областях и сферах деятельности. Для оценки и мониторинга состояния экономической безопасности регионов и государства в целом используется комплекс из 40 социально экономических показателей, однако общей методики оценки не дается.

Обеспечение экономической безопасности регионов в условиях перманентных макроэкономических шоков, санкционных ограничений и разрыва глобальных логистических цепочек требует принципиально иного качества государственного управления. Скорость, с которой внешние вызовы трансформируются в реальные угрозы для региональных рынков труда, производственных комплексов и социальной стабильности, возросла многократно. Правила игры, институциональные условия и векторы движения капиталов на мезоуровне меняются в масштабах дней и недель, а не лет. Вместе с тем, ключевой контур управления региональной экономической безопасностью до сих пор функционирует в рамках методологических подходов индустриальной эпохи. В его основе лежит периодический (дискретный) сбор отчетности, стандартизированный государственными статистическими ведомствами. Данный подход исходит из предпосылки относительной стабильности среды, где экономические процессы развиваются линейно, а управленческий цикл имеет значительный запас времени на адаптацию. В современных реалиях эта предпосылка оказалась ложной. Возникает фундаментальное противоречие между высокой скоростью зарождения угроз и низкой скоростью их идентификации государственной системой мониторинга.

Феномен институционального лага и «эффект слепого пятна» традиционной статистики

Главный аргумент в пользу радикального пересмотра инструментов мониторинга лежит в плоскости временных характеристик информации. Традиционная государственная статистика (Росстат) и ведомственная отчетность (ФНС, Федеральная таможенная служба, Центры занятости) обладают неустранимым свойством — ретроспективностью.

Процесс прохождения информации в традиционной системе в виде совокупной временной задержки (институционального лага, можно охарактеризовать формулой:

$T = t_м + t_ф + t_о + t_п + t_б$

Где:

$t_м$ — момент возникновения дестабилизирующего фактора в экономике (например, скрытая остановка импортных поставок для ключевого завода);

$t_ф$ — время, необходимое предприятию для фиксации этого фактора и составления первичной отчетности (от недели до месяца);

$t_о$ — период обработки и консолидации данных ведомствами (от 15 до 30 дней);

$t_п$ — официальная публикация или передача данных в органы власти;

$t_б$ — бюрократический цикл разработки и согласования ответных мер.

В условиях стабильной экономики совокупный лаг T, составляющий от 1,5 до 3 месяцев (а по показателям Валового регионального продукта — более года), являлся допустимым. Однако в условиях современных вызовов этот лаг формирует «эффект слепого пятна». В течение этого периода региональные власти принимают решения на основе данных, которые отражают состояние экономики, существовавшее до начала кризисного шока. Управленческая система фактически осуществляет «взгляд в зеркало заднего вида», пытаясь рулить автомобилем, движущимся по пересеченной местности.

Изменение природы данных: от декларативности к поведенческому цифровому следу

Традиционная система мониторинга страдает от проблемы **субъективности и декларативности**. Первичные данные в официальные органы подают сами экономические агенты (предприятия, муниципалитеты). В условиях кризиса они часто склонны скрывать или ретушировать негативные тенденции из опасения потерять госконтракты, доверие инвесторов или получить штрафные санкции от регуляторов. Происходит сознательное искажение информационной картины.

Введение инструментов, основанных на Big Data и независимых агрегаторах, кардинально меняет саму природу данных:

1. **Переход к цифровому следу:** системы ОФД, банковские транзакции, поисковые запросы населения, активность на маркетплейсах и HR-порталах — это не отчеты, написанные человеком. Это автоматические цифровые следы реальных действий миллионов экономических субъектов. Потребитель не может «соврать» отчету, если он перестал покупать конкретные товары или начал массово снимать наличные в банкоматах. Завод не может сымитировать бурную деятельность, если его реальное энергопотребление упало на 40%, а на специализированных порталах выросло число резюме от его сотрудников.
2. **Исключение человеческого фактора:** Данные поступают в систему мониторинга напрямую через программные шлюзы (API) без участия чиновников среднего звена. Это уничтожает возможность манипуляции показателями («подкручивания статистики») ради выполнения региональных KPI.
3. **Высокая степень детализации:** Статистика дает средние цифры по региону, маскируя локальные очаги депрессии. Инструменты

больших данных позволяют разложить индикаторы экономической безопасности до уровня конкретного муниципального района, моногорода или даже отдельной промышленной зоны, выявляя скрытые точки дисбаланса.

Экономический смысл перехода к динамической модели заключается также в повышении эффективности использования ограниченных ресурсов региональных бюджетов. В условиях дефицита средств субсидии и меры поддержки должны выделяться тем субъектам и отраслям, чьи деструктивные поведенческие паттерны зафиксированы беспристрастным алгоритмом больших данных как критическая угроза для стабильности региона.

На основе проведенного исследования сформулированы следующие выводы, доказывающие необходимость и смысл внедрения инновационных инструментов мониторинга экономической безопасности региона:

1. Традиционные статистические механизмы государственного контроля в эпоху современных вызовов демонстрируют системную несостоятельность из-за наличия неустранимого институционального лага. Принятие решений на основе устаревших данных переводит систему управления в режим перманентной ликвидации уже наступивших кризисов, что ведет к неэффективному расходованию бюджетных средств.

2. Смысл введения инструментов мониторинга на базе Big Data и Real-Time данных заключается в радикальном сокращении времени реакции системы управления (с месяцев до дней и часов). Это позволяет экономике региона осуществлять превентивные маневры, стоимость которых на порядки ниже, чем ликвидация запущенных структурных деформаций.

3. Новые инструменты меняют качество принимаемых решений за счет перехода от декларативной отчетности к объективным, нередактируемым цифровым следам экономических агентов (транзакциям, рыночным ценам, поведенческим паттернам на рынках труда). Это исключает человеческий фактор, устраняет субъективные искажения и обеспечивает максимальную детализацию рисков на мезоуровне.

Литература

1. Сенчагов, В. К. Экономическая безопасность России: общий курс : учебник / В. К. Сенчагов. – Москва : Дело, 2015. – 815 с.
2. Глазьев, С. Ю. О неотложных мерах по укреплению экономической безопасности России и выводу российской экономики на траекторию опережающего развития : [доклад] / С. Ю. Глазьев. – Москва : Институт экономических стратегий, 2015. – 60 с.
3. Митяков, С. Н. Экономическая безопасность регионов Приволжского федерального округа / С. Н. Митяков, Е. С. Митяков, Ю. А. Романова // Экономика региона. – 2023. – Т. 19, № 2. – С. 412–425.
4. Ильин, В. А. Проблемы эффективности государственного управления региональным развитием / В. А. Ильин, А. И. Поварова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 26–43.
5. О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года : Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» : [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 18.05.2026).
6. Шерстюк, С. Р. Экономическая безопасность федерального округа / С. Р. Шерстюк // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2005. – № 1. – С. 5–11.
7. Харченко, С. В. Экономическая безопасность как до или послесобытийное уклонение или передача рисков / С. В. Харченко и др. - Краснодар : Экоинвест, 2014. - 271 с.
8. Кормишкин, Е. Д. Экономическая безопасность региона: теория, методология, практика / Е. Д. Кормишкин. - Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2002. - 140 с.

Tools for Monitoring the Economic Security of the Region in the Face of Modern Challenges

Ryabinin V.I.
St. Petersburg State University of Economics

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article provides a theoretical and methodological rationale for transforming economic security monitoring systems in the constituent entities of the Russian Federation. The author demonstrates that under conditions of high turbulence, sanction pressures, and structural shifts, the traditional control model based on retrospective official statistics loses its managerial relevance. The study mathematically and economically substantiates the phenomenon of the "institutional lag" in decision-making, which leads to a cascading increase in budgetary expenditures for crisis management. From the perspective of information theory and behavioral economics, the author proves the necessity of transitioning from a static (stating) model to a dynamic (preventive) monitoring system based on Big Data. Finally, the key effects and economic rationale for implementing real-time platform solutions for executive authorities are formulated.

Keywords: regional economic security, monitoring, institutional lag, Big Data, public administration efficiency, preventive decisions, contemporary challenges.

References

1. Senchagov, V. K. Economic security of Russia: general course : textbook / V. K. Senchagov. – Moscow : Delo, 2015. – 815 p.
2. Glazyev, S. Y. On urgent measures to strengthen Russia's economic security and put the Russian economy on the trajectory of advanced development : [report] / S. Y. Glazyev. – Moscow: Institute of Economic Strategies, 2015. – 60 p.
3. Mityakov, S. N. Economic Security of the Regions of the Volga Federal District / S. N. Mityakov, E. S. Mityakov, Yu. A. Romanova // Economy of the Region. – 2023. – Vol. 19, No. 2. – Pp. 412–425.
4. Ilyin, V. A. Problems of the Effectiveness of Public Administration of Regional Development / V. A. Ilyin, A. I. Povarova // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – Pp. 26–43.
5. On the Economic Security Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2030: Decree of the President of the Russian Federation No. 208 dated May 13, 2017 // Reference Legal System ConsultantPlus : [website]. – URL: http://www.consultant.ru (accessed: 18.05.2026).
6. Sherstyuk, S. R. Economic Security of the Federal District / S. R. Sherstyuk // National Interests: Priorities and Security. – 2005. – No. 1. – Pp. 5–11.
7. Kharchenko, S. V. Economic Security as Pre- or Post-Event Avoidance or Risk Transfer / S. V. Kharchenko et al. - Krasnodar : Ecoinvest, 2014. - 271 p.
8. Kormishkin, E. D. Economic Security of the Region: Theory, Methodology, and Practice / E. D. Kormishkin. - Saransk: Mordovian University Press, 2002. - 140 p.

Формирование модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики

Тебекин Алексей Васильевич
доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, почетный работник науки и техники Российской Федерации, профессор Высшей школы культурной политики и управления в гуманитарной сфере, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; профессор кафедры финансово-экономического и бизнес-образования, Государственный университет просвещения; заведующий научной лабораторией проблем устойчивого развития, Институт повышения квалификации руководящих кадров и специалистов; заведующий кафедрой менеджмента, Академия труда и социальных отношений, Tebekin@gmail.com,

Досугова Александра Викторовна
старший преподаватель, кафедра менеджмента, Академия труда и социальных отношений, dosugovaalex@mail.ru

Актуальность представленного исследования заключается в том, что в современных условиях в отечественной экономике сохраняется проблема устойчивого экономического роста с темпом не ниже среднемирового уровня, обусловленная как объективными внешними, так и субъективными внутренними причинами.
В этой связи возникает необходимость в поиске путей совершенствования моделей устойчивого развития, что и предопределило выбор цели исследования.
Научная новизна полученных результатов заключается в формировании модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики, базирующейся на сопряжении микроэкономической модели сбалансированной системы показателей BSC и макроэкономической модели «квадрат устойчивости» SSM в статике, и на достижении рубежных показателей национальных целей развития Российской Федерации в динамике.
Практическая значимость предложенной модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики заключается в возможности ее использования для достижения национальных целей социального-экономического развития Российской Федерации.
Ключевые слова: формирование, модель, сбалансированное, устойчивое развитие, национальная экономика.

Введение

В современных условиях в отечественной экономике сохраняется проблема устойчивого экономического роста с темпом не ниже среднемирового уровня. На эту проблему сегодня обращает пристальное внимание Президент Российской Федерации В.В. Путин [12], поручивший восстановить темпы роста отечественной экономики [11].

Разумеется, проблема устойчивого экономического роста национальной экономики, обусловленная комплексом как объективных внешних, так и субъективных внутренних причин.

Одной из таких субъективных причин является недостаточное совершенство моделей устойчивого развития, что и предопределило выбор цели исследования.

Цель исследования

Таким образом, целью представленных исследований является поиск путей совершенствования моделей устойчивого развития национальной экономики.

Методическая база исследований

Методическую основу исследований составили научные работы, посвященные проблемам устойчивого развития национальной экономики в системе мирового хозяйства таких авторов как Бобылёв С.Н., Кирюшин П.А. [2], Генералова С.В., Подкопаев О.А. [10], Ермолаев К.Н., Подкопаев О.А. [27], Корчагина С.А. [7], Кудаев А.С. [8], Сумина Е.В. [14], Хаустович Н.А. [32], Чибилёв А.А. и др. [30], авторские статьи по рассматриваемой проблематике [15-24], а также информационно-аналитические материалы по теме исследования [5,13,28,29,31].

Основные результаты исследований

Анализ известных моделей устойчивого развития, обзор которых представлен в работе [16], показал, что в них перманентно производится поиск путей разрешения противоречия между обеспечением стабильности, с одной стороны, и устойчивого роста, с другой стороны.

Следует отметить, что эту проблему в свое время в рамках тектологии решал А.А. Богданов [3], выдвинув идею «динамического» («подвижного») равновесия управляемых систем, базирующуюся на естественно-научном принципе равновесия Ле-Шателье [1].

В данном исследовании для формирования модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики воспользуемся сопряжением хорошо себя зарекомендовавшей микроэкономической модели BSC Д. Нортона и Р. Каплана [6], и обобщенной макроэкономической модели «квадрат устойчивости» [9] (рис.1).

Рис.1. Формирование модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики на основе сопряжения микроэкономической модели сбалансированной системы показателей (BSC) и обобщенной макроэкономической модели «квадрат устойчивости».

Соблюдение баланса распределения прибыли между собственниками (соблюдение интересов акционеров) и развитием бизнес-процессов, а также между обеспечением удовлетворенности клиентов и сотрудников, что стимулирует их полную отдачу, реализованное в модели BSC [6], развивает положения более ранних работ Эдварда Деминга [4] применительно к микроэкономическому уровню.

Аналогично модель «квадрат устойчивости» [9] (stability square model- SSM) призвана обеспечить баланс между экологическими, социальными, экономическими и политическими (культурными) аспектами на макроэкономическом уровне.

Таким образом, модели BSC и SSM можно рассматривать как основу модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики, в которой государство и население одновременно рассматриваются как производители и потребители.

Для учета динамики развития в интересах «динамического» («подвижного») равновесия национальной экономики как управляемой системы целесообразно учесть национальные цели развития Российской Федерации, определенные Указом Президента РФ № 309 от 7 мая 2024 г. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года" [25], а также отраженные в Указе Президента РФ № 474 от 21 июля 2020 г. [26], где ключевой целью является «достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство» [26].

Результаты формировании модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики, базирующейся на сопряжении микроэкономической модели BSC и макроэкономической модели SSM в статике и на достижении рубежных показателей национальных целей в динамике представлены на рис.2.

Рис.2. Модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики.

Таким образом, согласно предложенной модели, обеспечивается возможность сбалансированного устойчивого развития при взаимном влиянии на него изменений в экономической, социальной, политической, культурной и экологической сферах.

Во-первых, реализация цели обеспечения достойного, эффективного труда, и успешного предпринимательство в экономической сфере являются залогом достижения технологического лидерства, с одной стороны, и повышение благополучия людей в социальной сфере, с другой стороны.

Во-вторых, достижение технологического лидерства в экономической сфере индуцирует реализацию потенциала каждого человека, развитие его талантов в культурной сфере (и наоборот – развитие талантов индуцирует достижение технологического лидерства), способствует экологическому благополучию (в экологической сфере) и развитию цифровой трансформации (в политической и культурной сфере).

В-третьих, повышение благополучия людей будет соответствовать сохранению населения, укреплению здоровья и поддержке семьи в социальной сфере, с одной стороны, и воспитанию патриотичной и социально ответственной личности в политическую и культурной сфере, с другой стороны.

В-четвертых, цифровая трансформация управления будет способствовать развитию экономической, социальной, экологической, политической и культурной сферы одновременно.

Эти взаимодействия определяют сбалансированное развитие национальной экономики как управляемой системы в статике.

В динамике предложенная модель, основанная на идее «динамического» («подвижного») равновесия управляемой системы А.А. Богданова, направлена на обеспечение сбалансированного устойчивого развития национальной экономики при движении по спирали в экономической, социальной, экологической, политической и культурной сферах, реализуя основные законы диалектики: перехода количественных изменений в качественные, единства и борьбы противоположностей, отрицания отрицания.

Обсуждение результатов и выводы

Таким образом, проведенные исследования позволили сформировать модели сбалансированного устойчивого развития национальной экономики, базирующейся на сопряжении микроэкономической модели сбалансированной системы показателей BSC и макроэкономической модели «квадрат устойчивости» SSM в статике, и на достижении рубежных показателей национальных целей, определенных Указом Президента РФ № 309 от 7 мая 2024 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [25], в динамике.

Предложенная модель, основанная на идее «динамического» («подвижного») равновесия управляемой системы А.А. Богданова, направлена на обеспечение сбалансированного устойчивого развития национальной экономики при движении по спирали в экономической, социальной, экологической, политической и культурной сферах, реализуя основные законы диалектики: перехода количественных изменений в качественные, единства и борьбы противоположностей, отрицания отрицания.

Литература

1. Базаров И. П. Термодинамика. — М.: Высшая школа, 1991. — С. 133.

2. Бобылёв С.Н., Кирюшин П.А. Новые модели экономики и устойчивое развитие. // Вестник РАЕН. 2022. Т. 22. № 4. С. 45-48.

3. Богданов А.А. Тектология — Всеобщая организационная наука. — Берлин — Санкт-Петербург, 1922.

4. Деминг Э. Менеджмент нового времени: Простые механизмы, ведущие к росту, инновациям и доминированию на рынке. — М.: Альпина Паблишер, 2019. — 192 с.

5. Зеленый тупик. Экономисты назвали проблемы устойчивого развития. https://lenta.ru/articles/2024/06/09/zelen/

6. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Пер. с англ. - М.: ЗАО <Олимп-Бизнес>, 2003, 304 с.

7. Корчагина, С. А. Проблемы устойчивого развития в нефтегазовой отрасли: актуальность, перспективы / С. А. Корчагина // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 3. — URL: https://esj.today/PDF/21ECVN322.pdf

8. Кудаев А. С. Экономические модели устойчивого развития: теория и практика: сборник трудов конференции. / А. С. Кудаев, В. А. Чистова // Инновационные подходы к управлению в экономических, технических и правовых системах: материалы Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участ (Москва, Apr 23, 2024) –с. 117-119.

9. Кузнецова К.А., Антонова О.И., Чульжанов А.С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. XII международная научно-практическая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ» 26 апреля 2023. https://kuzstu.su/dmdocuments/INPK/12INPK_Sbornic-2023/pages/Секция%202/236.pdf

10. От экономического роста к устойчивому развитию России: гипотезы, концепции, практики: монография / [Беляева С.В., Васильева А.С., Гавчук Д.В. и др.]. Под ред. Генераловой С.В., Подкопаева О.А. – Самара: НИЦ «ПНК», 2024. – 237 с.

11. Путин поручил восстановить темпы роста экономики в 2026 году. https://www.rbc.ru/politics/05/01/2026/695bb35c9a79476d717b26cc

12. Путин потребовал объяснить отставание экономики от прогнозов. https://www.rbc.ru/rbcfreenews/69df99a09a794735f3a63a80

13. Современные инновационные технологии и проблемы устойчивого развития в условиях цифровой экономики: сб. ст. XV междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 24 июня 2021 года) / Минский филиал РЭУ им. Г. В. Плеханова; редкол.: А. Б. Елисеев, И. А. Маньковский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2021. – 200 с.

14. Сумина Е.В. Социальные и инновационные приоритеты модели устойчивого развития региона / Е. В. Сумина, А. А. Бадюков. // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 583-602.

15. Тебекин А.В. КРИТЕРИИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. // Транспортное дело России. 2024. № 1. С. 122-128.

16. Тебекин А.В. МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. // Транспортное дело России. 2025. № 6. С. 109-115.

17. Тебекин А.В. О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ НОВОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ. // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 2. С. 22-34.

18. Тебекин А.В. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ В

УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ. // Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА. 2024. № 2. С. 9-22.

19. Тебекин А.В. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ И УГРОЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. В сборнике: Актуальные проблемы развития экономики и управления в условиях новой реальности. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 532-542.

20. Тебекин А.В., Дементьева А.Г. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ НАЦИОНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ. // Инновации и инвестиции. 2025. № 11. С. 362-365.

21. Тебекин А.В., Дементьева А.Г. НАЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ. // Экономика строительства. 2025. № 10. С. 276-280.

22. Тебекин А.В., Егорова А.А., Егоров Р.В. КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. В сборнике: Экономика устойчивого развития региона: инновации, финансовые аспекты, технологические драйверы развития в сфере туризма и гостеприимства. Материалы XI международной научно-практической конференции. Симферополь, 2024. С. 56-58.

23. Тебекин А.В., Кумехов К.К., Ларионов А.Н., Фоменко А.В. НАЛОГОВЫЙ МЕХАНИЗМ СТАБИЛИЗАЦИИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ: ОПЫТ ВЕЛИКОЙ ДЕПРЕССИИ. // Финансы и кредит. 2025. Т. 31. № 10. С. 4-21.

24. Тебекин А.В., Тебекин П.А., Егорова А.А., Егоров Р.В. КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПО КЛЮЧЕВЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ. // Журнал исследований по управлению. 2024. Т. 10. № 1. С. 3-11.

25. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года” https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/

26. Указе Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года" (документ не действует) https://base.garant.ru/74404210/

27. Устойчивое развитие экономики России: стратегии и тактики перехода к новому качеству экономического роста / [Бабина Е.Н., Бондаренко Г.В., Брюханова Н.В. и др.]; Под ред. Ермолаева К.Н., Подкопаева О.А. – Самара: ООО НИЦ «ПНК», 2021. – 260 с.

28. Устойчивое развитие: вызовы и возможности: сборник научных статей / под ред. канд. экон. наук Е.В. Викторовой. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2020. – 333 с.

29. Устойчивый мир. Что это означает и как его достичь. https://nplus1.ru/material/2021/10/22/sustainable-development-dow

30. Чибилёв А.А., Чибилёв А.А. (мл.), Руднева О.С., Соколов А.А., Падалко Ю.А., Мелешкин Д.С., Григоревский Д.В. Проблемы устойчивого развития социально-экономических геосистем степной зоны Российской Федерации. – Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. – 128 с.

31. Экономика устойчивого развития: концептуальный подход. https://rrmag.ru/2024/09/17/ekonomika-ustojchivogo-razvitiya-konczeptualnyj-podhod/

32. Эффективность, безопасность и устойчивость экономики: моногр. / Н. А. Хаустович [и др.] — Минск: Мисанта, 2021 г. — 164 с.

Formation of a model of balanced sustainable development of the national economy

Tebekin A.V., Dosugova A.V.

Lomonosov Moscow State University, State University of Education, Institute for Advanced Training of Managers and Specialists, Academy of Labor and Social Relations

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The relevance of the presented study lies in the fact that in modern conditions, the domestic economy still faces the problem of sustainable economic growth at a rate not lower than the world average, caused by both objective external and subjective internal reasons.

In this regard, there is a need to search for improvements in sustainable development models, which predetermined the choice of the research objective.

The scientific novelty of the obtained results lies in the formation of a model of balanced sustainable development of the national economy, based on the conjugation of the microeconomic model of the balanced system of indicators BSC and the macroeconomic model "square of sustainability" SSM in statics, and on the achievement of the milestone indicators of the national development goals of the Russian Federation in dynamics.

The practical significance of the proposed model of balanced sustainable development of the national economy lies in the possibility of its use to achieve national goals of socio-economic development of the Russian Federation.

Keywords: formation, model, balanced, sustainable development, national economy.

References

1. Bazarov, I. P., Thermodynamics. Moscow: Vysshaya shkola, 1991, p. 133.

2. Bobylev, S. N., Kiryushin, P. A., New Economic Models and Sustainable Development. Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences. 2022, Vol. 22, No. 4, pp. 45-48.

3. Bogdanov, A. A., Tectology: A General Organizational Science. Berlin-St. Petersburg, 1922.

4. Deming, E., Management in the Modern Age: Simple Mechanisms Leading to Growth, Innovation, and Market Dominance. Moscow: Alpina Publisher, 2019, 192 p.

5. Green Dead End. Economists Identify the Problems of Sustainable Development. https://lenta.ru/articles/2024/06/09/zelen/

6. Kaplan Robert S., Norton David P. Balanced Scorecard. From Strategy to Action / Translated from English. - M.: ZAO <Olimp-Business>, 2003, 304 p.

7. Korchagina, S. A. Problems of Sustainable Development in the Oil and Gas Industry: Relevance, Prospects / S. A. Korchagina // Bulletin of Eurasian Science. - 2022. - Vol. 14. - No. 3. - URL: https://esj.today/PDF/21ECVN322.pdf

8. Kudayev A. S. Economic Models of Sustainable Development: Theory and Practice: Conference Proceedings / A. S. Kudayev, V. A. Chistova // Innovative Approaches to Management in Economic, Technical and Legal Systems: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. conf. with international particip. (Moscow, April 23, 2024) – pp. 117-119.

9. Kuznetsova K.A., Antonova O.I., Chulzhanov A.S. COMPARATIVE ANALYSIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT MODELS. XII International Scientific and Practical Conference "MODERN TRENDS AND INNOVATIONS IN SCIENCE AND PRODUCTION" April 26, 2023. https://kuzstu.su/dmdocuments/INPK/12INPK_Sbornic-2023/pages/Секта-ция%202/236.pdf

10. From Economic Growth to Sustainable Development of Russia: Hypotheses, Concepts, Practices: Monograph / [Belyaeva S.V., Vasilyeva A.S., Gavchuk D.V. et al.]. Ed. by Generalova S.V., Podkopaev O.A. - Samara: NIC "PNK", 2024. - 237 p.

11. Putin ordered to restore economic growth rates in 2026. https://www.rbc.ru/politics/05/01/2026/695bb35c9a79476d717b26cc

12. Putin demanded to explain the lag of the economy behind forecasts. https://www.rbc.ru/rbcfreenews/69df99a09a794735f3a63a80

13. Modern innovative technologies and problems of sustainable development in the context of the digital economy: collection of articles of the XV international. scientific-practical. conf. (Minsk, June 24, 2021) / Minsk branch of the Plekhanov Russian University of Economics; editorial board: A. B. Eliseev, I. A. Mankovsky (editor-in-chief) [and others]. – Minsk: BSATU, 2021. – 200 p.

14. Sumina E.V. Social and Innovative Priorities of the Regional Sustainable Development Model / E.V. Sumina, A.A. Badyukov. // Issues of Innovative Economics. - 2024. - Vol. 14, No. 2. - P. 583-602.

15. Tebekin A.V. CRITERIA FOR QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING THE NATIONAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT MODEL. // Transport Business of Russia. 2024. No. 1. P. 122-128.

16. Tebekin A.V. SUSTAINABLE DEVELOPMENT MANAGEMENT MODELS: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR IMPROVEMENT AND USE. // Transport Business of Russia. 2025. No. 6. Pp. 109-115.

17. Tebekin A.V. ON THE NEED TO CREATE A NEW NATIONAL MODEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ECONOMIC ENTITIES. // Journal of Management Studies. 2022. Vol. 8. No. 2. Pp. 22-34.

18. Tebekin A.V. PROBLEMS OF ENSURING SECURITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN ECONOMY UNDER SANCTIONS. // Bulletin of the Moscow Finance and Law University MFUA. 2024. No. 2. Pp. 9-22.

19. Tebekin A.V. PROBLEMS OF ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE CONTEXT OF GLOBAL CHALLENGES AND THREATS TO ECONOMIC SECURITY. In the collection: Actual Problems of Economic Development and Management in the New Reality. Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. Moscow, 2023. Pp. 532-542.

20. Tebekin A.V., Dementeva A.G. CRITERIA FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF MANAGEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY. // Innovations and Investments. 2025. No. 11. Pp. 362-365.

21. Tebekin A.V., Dementeva A.G. NATIONAL MODEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AS A MANAGEMENT OBJECT. // Construction Economics. 2025. No. 10. pp. 276-280.

22. Tebekin A.V., Egorova A.A., Egorov R.V. A CRITERION FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING THE NATIONAL MODEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT. In the collection: Economics of Sustainable Development of the Region: Innovations, Financial Aspects, and Technological Drivers of Development in the Sphere of Tourism and Hospitality. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. Simferopol, 2024. pp. 56-58.

23. Tebekin A.V., Kumekhov K.K., Larionov A.N., Fomenko A.V. TAX MECHANISM OF STABILIZATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY: THE EXPERIENCE OF THE GREAT DEPRESSION. // Finance and Credit. 2025. Vol. 31. No. 10. pp. 4-21.

24. Tebekin A.V., Tebekin P.A., Egorova A.A., Egorov R.V. QUALITRIC MODEL FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT BY KEY INDICATORS. // Journal of Management Studies. 2024. Vol. 10. No. 1. pp. 3-11.

25. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2024 No. 309 "On the National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and for the Future up to 2036" https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/

26. Decree of the President of the Russian Federation of July 21, 2020 No. 474 "On the National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030" (document not valid) https://base.garant.ru/74404210/

27. Sustainable Development of the Russian Economy: Strategies and Tactics for the Transition to a New Quality of Economic Growth / [Babina E.N., Bondarenko G.V., Bryukhanova N.V. et al.]; Ed. by Ermolaev K.N., Podkopayev O.A. – Samara: OOO NITs "PNK", 2021. – 260 p.

28. Sustainable Development: Challenges and Opportunities: Collection of Research Articles / edited by Cand. Sci. (Econ.) E.V. Viktorova. – St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University of Economics, 2020. – 333 p.

29. Sustainable World. What Does It Mean and How to Achieve It. https://nplus1.ru/material/2021/10/22/sustainable-development-dow

Спортивные услуги как фактор устойчивого развития регионов: концептуальный разрыв и система индикаторов

Хабаров Денис Андреевич
старший преподаватель кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта, Государственный университет управления, khabarov177@yandex.ru

В статье выявляется концептуальный разрыв между существующими определениями спортивной услуги и категорией устойчивого развития регионов. Показано, что большинство трактовок ориентированы на микроуровень взаимодействия «исполнитель–потребитель» и текущий эффект, при этом игнорируются долгосрочные социальные, экономические и экологические последствия. Предложено авторское определение спортивной услуги, интегрирующее триединство экономической эффективности, социальной инклюзивности и экологической рациональности. Для операционализации предложенного авторского определения разработана система индикаторов по трём измерениям устойчивости. Систематизированы проблемные зоны регионального учёта, препятствующие адекватной оценке вклада спортивных услуг. Результаты вносят вклад в теоретическое обоснование сферы спортивных услуг как фактора долгосрочной устойчивости регионов в рамках научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика сферы услуг).

Ключевые слова: спортивные услуги, устойчивое развитие регионов, концептуальный разрыв, индикаторы устойчивости, экономика сферы услуг, экологическая рациональность.

В широком научном контексте спортивная услуга трактуется как комплекс организационных, педагогических, оздоровительных и сервисных мероприятий, ориентированных на реализацию потребностей индивида или социальной группы в физической активности, укреплении здоровья и достижении спортивных результатов. В отличие от материального блага, спортивная услуга обладает невещественной, процессуальной природой, проявляясь в таких формах, как тренировочный процесс, соревновательная деятельность, консультационно-методическое сопровождение и рекреационные занятия. Её отличительными особенностями выступают неосязаемость, изменчивость качества (зависящая от исполнителя и условий оказания), а также высокая степень включённости потребителя в процесс создания услуги [1].

Под устойчивым развитием понимается сбалансированное и долгосрочное взаимодействие экономических, социальных и экологических факторов, обеспечивающее удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба для будущих. На региональном уровне эта концепция приобретает ключевое значение, поскольку именно в границах субъектов формируются предпосылки для повышения качества жизни населения, наращивания человеческого капитала и эффективного использования ресурсов. В данном контексте сфера спортивных услуг выступает действенным механизмом обеспечения устойчивости регионов: она способствует укреплению общественного здоровья, смягчению социальной напряжённости, созданию инклюзивной среды, а также развитию локальной экономики за счёт генерации рабочих мест, инфраструктурных вложений и повышения инвестиционной привлекательности территорий.

В научной литературе наблюдается плюрализм определений спортивной услуги: исследователи акцентируют преимущественно социальные, экономические либо рекреационные аспекты, выделяя отдельные грани в зависимости от целевой установки работы [2-9]. При этом большинство подходов ограничивается описанием функционального назначения и потребительских свойств услуги, не включает в определение категории устойчивого развития. Следовательно, вопрос о роли спортивных услуг как фактора долгосрочной устойчивости региональных систем остаётся теоретически не проработанным, что требует дальнейшего концептуального осмысления и расширения понятийного аппарата с учётом актуальных вызовов социально-экономического развития.

Существующие в научной литературе определения спортивной услуги ориентированы на микроуровень (взаимодействие «исполнитель–потребитель») и текущий эффект (оздоровление, результат, зрелище). Категория устойчивого развития остаётся внешней по отношению к ним. Это порождает концептуальный разрыв: спортивная услуга на практике может быть экологически нерациональной (энергозатратные объекты, одноразовый инвентарь), социально эксклюзивной (высокая стоимость доступа) и экономически дестабилизирующей (дотационная зависимость без долгосрочных эффектов). Следовательно, требуется пересмотр самого понятия: спортивная услуга как фактор устойчивости региона – это не только тренировка или соревнование, но управляемое воздействие на человеческий, социальный и территориальный капитал с горизонтом планирования в 10+ лет (горизонт 10+ лет выбран с учётом типичных сроков окупаемости крупных спортивных объектов и лагов накопления человеческого капитала).

В развитие данного тезиса предлагается следующее авторское определение спортивной услуги: институционально оформленный, процессуально-детерминированный и воспроизводимый комплекс организационных, педагогических, рекреационных и сервисных взаимодействий, ориентированный не только на удовлетворение текущих потребностей индивидов и групп в физической активности, укреплении здоровья, спортивном результате или зрелище, но и на долгосрочное (горизонт, сопоставимый с циклами регионального планирования) управляемое воспроизводство человеческого, социального и территориального капитала при соблюдении триединства экономической эффективности (включая снижение дотационной зависимости), социальной инклюзивности (доступ для всех страт вне зависимости от дохода, пола, возраста, нозологии) и экологической рациональности (минимизация ресурсного следа на стадиях проектирования, эксплуатации и ликвидации спортивных объектов).

Предложенное определение требует операционализации. В качестве теоретического инструмента для будущих эмпирических исследований

может быть предложена система индикаторов, дифференцированная по трём измерениям устойчивости:

– экономическая эффективность: доля внебюджетного финансирования в сфере спортивных услуг, динамика бюджетных расходов на здравоохранение в группах систематически занимающихся, снижение дотационной зависимости в долгосрочном горизонте;

– социальная инклюзивность: коэффициенты охвата уязвимых групп (инвалиды, низкие доходы, удалённые территории), доступность инфраструктуры (время / стоимость на одно занятие);

– экологическая рациональность: энергоэффективность спортивного объекта, доля используемой энергии из альтернативных источников, удельное образование отходов.

Следует добавить, что каждый из предложенных индикаторов выбирался исходя из его способности отражать специфический аспект устойчивости применительно к спортивной услуге, а также из принципиальной возможности (пусть и гипотетической) получения данных в региональном разрезе. Рассмотрим их подробнее.

Экономическая эффективность

Индикатор «доля внебюджетного финансирования в сфере спортивных услуг» характеризует степень финансовой автономии отрасли от регионального бюджета. Его выбор обусловлен тем, что высокая дотационная зависимость (типичная для многих субъектов РФ) создаёт риски сокращения расходов на спорт при бюджетных кризисах, что подрывает долгосрочную устойчивость. Индикатор «динамика бюджетных расходов на здравоохранение в группах систематически занимающихся» призван фиксировать косвенный экономический эффект: регулярная физическая активность снижает заболеваемость, что в долгосрочном горизонте должно уменьшать нагрузку на систему здравоохранения. В рамках настоящей концептуальной работы данный индикатор предлагается как долгосрочный нормативный ориентир, фиксирующий потенциальный косвенный эффект, а не как прямо измеряемая метрика; его эмпирическая проверка требует отдельного исследования и не является задачей данной статьи. Индикатор «Снижение дотационной зависимости в долгосрочном горизонте» предлагается как интегральный показатель, отражающий рост собственных доходов спортивных организаций (абонементы, спонсорские средства, платные мероприятия). Для измерения индикаторов могут применяться: бюджетная отчётность (казначейские данные), выборочные медицинские обследования занимающихся, мониторинг финансовых планов спортивных учреждений. Основные трудности измерения экономической эффективности, например, могут быть связаны с тем, что оценивать сокращение бюджетных расходов на здравоохранение необходимо на протяжении многих лет, отслеживая одни и те же группы занимающихся. Кроме того, на динамику таких расходов влияет множество факторов, не связанных со спортом (изменение системы ОМС, дороговизна лекарств, демографические сдвиги), поэтому выделить «чистый» эффект от спортивных услуг крайне сложно.

Социальная инклюзивность. «Коэффициенты охвата уязвимых групп» (инвалиды, лица с низкими доходами, жители удалённых территорий) отражают способность спортивной услуги преодолевать барьеры доступа. Выбор этих групп обусловлен тем, что они чаще других сталкиваются с барьерами доступа к спортивным услугам: недостатком адаптированной инфраструктуры (для инвалидов), высокой стоимостью занятий (для лиц с низкими доходами), территориальной удалённостью спортивных объектов (для жителей отдалённых районов). Второй измеритель – доступность инфраструктуры. Данный параметр складывается из двух компонентов: временные затраты на доступ – среднее время в пути от места проживания до ближайшего спортивного объекта (с учётом вида транспорта); экономические затраты – стоимость одного стандартного занятия (тренировки, посещения бассейна и т.п.) как доля от среднемесячного располагаемого дохода одного жителя региона. Эмпирическая верификация данных измерителей возможна на основе выборочных социологических обследований целевых групп, данных транспортных ведомств о маршрутной сети, а также сведений о ценообразовании на спортивные услуги, собираемых уполномоченными организациями. При этом следует учитывать ряд ограничений. Во-первых, само понятие «регулярность занятий» нуждается в унификации, так как существующие подходы варьируются от одного до нескольких раз в неделю. Во-вторых, значительная доля формально зачисленных в спортивные секции может фактически не посещать занятия (эффект нереализованного участия), что требует использования не административной отчётности, а непосредственных опросов. В-третьих, межрегиональные различия в стоимости жизни и транспортной связности делают некорректным применение единого порогового значения – сопоставимость может быть достигнута только через относительные показатели (доля от дохода, время в минутах) без введения нормативных границ.

Экологическая рациональность

Для оценки экологической составляющей устойчивости спортивной услуги могут быть использованы три измерителя, отражающие различные аспекты воздействия на окружающую среду. Первый измеритель – энергоэффективность спортивного объекта. Предлагается рассчитывать отношение суммарного энергопотребления (электричество, тепло, вода) за отчётный период к общему количеству часов предоставления спортивных услуг на данном объекте за тот же период. Полученная величина (например, кВт·ч на один час работы объекта) позволяет сравнивать разные типы сооружений по интенсивности ресурсопотребления. Выбор данного показателя обусловлен тем, что спортивные объекты, особенно крытые ледовые арены, плавательные бассейны и крупные многофункциональные комплексы, относятся к числу наиболее энергоёмких элементов социальной инфраструктуры. Второй измеритель – доля используемой энергии из альтернативных источников. Под альтернативными понимаются источники, не связанные со сжиганием ископаемого топлива (солнечная, геотермальная энергия, тепловые насосы, энергия ветра). Показатель фиксирует степень декарбонизации спортивной деятельности, однако его применимость ограничена регионами с благоприятными природно-климатическими условиями и уровнем экономического развития, допускающим соответствующие инвестиции. Указанный индикатор следует трактовать не как универсальный критерий текущего состояния, а как целевой вектор устойчивого развития, отражающий желаемую модель даже при нулевых текущих значениях в большинстве регионов РФ. Третий измеритель – удельное образование отходов. Рассчитывается как масса отходов (в кг), образующихся в процессе оказания спортивной услуги, отнесённая к единице времени предоставления услуги (например, на один час работы объекта) или к одному посещению. Указанный показатель позволяет учитывать использование одноразового инвентаря, упаковки, изношенного оборудования и расходных материалов. Методологически возможны два подхода к сбору информации: во-первых, инструментальные замеры и энергоаудит на самих объектах; во-вторых, выборочные отраслевые обследования, проводимые независимыми исследовательскими группами. При интерпретации результатов необходимо учитывать следующие ограничения. Во-первых, отдельный учёт энергопотребления и отходов именно по виду деятельности «спортивные услуги» часто отсутствует в стандартной отчётности организаций – данные, как правило, агрегированы по всему учреждению без выделения спортивной составляющей. Во-вторых, значительные капитальные затраты на переход к альтернативной энергетике делают второй измеритель труднодостижимым для большинства регионов, что не позволяет использовать его как универсальный критерий. В-третьих, прямое сравнение показателей энергоэффективности или объёма отходов между разными видами спортивных услуг (скажем, между тренажёрным залом и ледовым дворцом) без корректировок некорректно. Нужны поправочные коэффициенты, но их расчёт — это отдельная исследовательская задача, которая не решается в рамках данного исследования.

Предложенный перечень индикаторов не претендует на полноту. Его задача — зафиксировать тот минимум, который позволяет проверить авторское определение на практике. Конкретная разработка этих индикаторов и их апробация в статье не приводятся — это тема для следующих работ. В частности, в перспективе стоит провести пилотные замеры на одном-двух типичных регионах и определить пороговые значения, по которым спортивную услугу можно будет отнести к числу устойчивых.

Структуру предлагаемой концепции поясняет рисунок 1. В левой части схемы показан исходный разрыв: существующие определения замыкаются на микроуровне. Далее изображено авторское определение спортивной услуги, которое разворачивается на три измерения устойчивости.

Рисунок 1 — От микроуровня определений к устойчивому развитию: концептуальная схема

Предложенные индикаторы – не панацея. Современная практика регионального учёта и управления накладывает свои ограничения. Основные проблемные зоны, которые мешают объективно измерить вклад спортивных услуг в развитие регионов, вынесены в таблицу 1. Как правило, при оценке их учитывают не в полной мере.

Таблица 1

Системные лакуны оценки вклада спортивных услуг в устойчивое развитие регионов

Проблемная зона	Пояснение
Недооценка мультипликационных эффектов	Создание спортивных объектов и проведение мероприятий даёт импульс развитию сопряжённых секторов (строительная отрасль, туризм, выпуск спортивного инвентаря, цифровые сервисы, медиа), что выражается в появлении новых рабочих мест и росте налоговых отчислений
Игнорирование влияния на человеческий потенциал	Систематические физкультурно-спортивные занятия положительно влияют на физическое состояние, ведут к росту трудовой отдачи, уменьшают частоту заболеваний и уровень преждевременной смертности – всё это имеет измеримый экономический эквивалент
Трактовка спортивных затрат как бремени, а не как вложений	Средства бюджета, направляемые на спорт, зачастую рассматриваются исключительно как социальные трансферты, а не как инвестиционный ресурс, способный приносить долгосрочную экономическую и социальную отдачу
Отсутствие учёта регионального контекста	Не принимается во внимание способность крупных спортивных сооружений и событий выступать драйверами локального развития, стимулировать приток капиталов и улучшать инвестиционный имидж территории
Статистическая «прозрачность» отрасли	Низкий уровень детализации отраслевых статистических данных в региональном срезе не позволяет объективно оценить долю сферы спорта в валовом региональном продукте, занятости и налоговых поступлениях
Экологические эффекты спортивной деятельности (двойственный характер)	Не берётся в расчёт то, что воздействие спортивных услуг на окружающую среду неоднозначно. С одной стороны, энергоёмкие виды услуг (поддержание льда, искусственного снега, эксплуатация крытых бассейнов) создают скрытую нагрузку на энергосети и водные ресурсы. С другой – услуги, связанные с низкоуглеродной рекреацией (прокат велосипедов, пешие и лыжные маршруты на естественном снегу), способны заменять экологически более вредные виды досуга и передвижения. Отсутствие сбалансированной оценки этих разнонаправленных эффектов ведёт к систематической ошибке при определении реального экологического вклада спортивных услуг в устойчивость региона

Выделенные проблемные зоны являются следствием концептуального разрыва, описанного выше, и фиксируют ограничения существующих подходов, выявленные в ходе анализа научной литературы. Их едва ли можно назвать неочевидными. Однако на практике они, как правило, остаются вне поля зрения аналитических процедур либо получают лишь частичную оценку. Отдельные аспекты данных проблем находят конкретное эмпирическое подтверждение и количественную интерпретацию в диссертационной работе М.Р. Мифтахова на тему «Спортивная активность населения как фактор экономического развития регионов России» [10]. Исследователь на материалах российских субъектов, в частности Республики Татарстан, демонстрирует с помощью математического аппарата, что повышение физкультурно-спортивной активности, вопреки устоявшемуся восприятию спортивной сферы исключительно как затратной статьи региональных бюджетов, порождает устойчивые экономические и социальные дивиденды. Так, регулярные занятия физической культурой сокращают периоды временной утраты трудоспособности (что непосредственно связано с накоплением человеческого капитала), причём масштаб данного сокращения варьируется в зависимости от используемой модели и значений коэффициентов. Одновременно формируется социальный капитал (включая доверительные отношения, институциональные нормы и горизонтальные связи), а также фиксируется измеримый вклад в валовой региональный продукт. Кроме того, исследователь демонстрирует возможность преодоления так называемой «статистической невидимости» отрасли.

Таким образом, в результате теоретического анализа выявлен концептуальный разрыв: существующие определения спортивной услуги ориентированы на микроуровень и текущий потребительский эффект, не включая категорию устойчивого развития. Предложено авторское определение, которое напрямую интегрирует триединство экономической, социальной и экологической составляющих, а также долгосрочный горизонт планирования. Для его операционализации разработана система индикаторов и систематизированы проблемные зоны регионального учёта.

С точки зрения научной специальности 5.2.3. – Региональная и отраслевая экономика (экономика сферы услуг), результаты статьи вносят вклад в теоретическое обоснование спортивных услуг как фактора долгосрочной устойчивости регионов. Предложенная индикаторная система может служить основой для эмпирических исследований вклада спортивной активности в валовой региональный продукт, занятость и человеческий капитал, что соответствует приоритетным направлениям экономики сферы услуг.

Литература

1. Хабаров, Д. А. Потребительская лояльность и её экономическая ценность для спортивных услуг / Д. А. Хабаров, И. А. Хабарова // Прогрессивная экономика. – 2026. – № 1. – С. 11-28.

2. ГОСТ Р 52024-2024. Услуги физкультурно-оздоровительные и спортивные. Общие требования. – URL: https://xn--b1alafbgpcgjmjq3k.xn--p1ai/wp-content/uploads/2025/10/gost-r-52024-2024.pdf (дата обращения 07.05.2026).

3. Можелев Е. А. Сущность, виды спортивных услуг и их взаимосвязь с другими услугами / Е. А. Можелев // Российские регионы: взгляд в будущее. – 2020. – Т. 7, № 4. – С. 117-127.

4. Skvoroda, E. V. Scientific-theoretical approaches to the definitionof the concept "Sports service" in modern so-cio-economic conditions / E. V. Skvoroda // Vestnik of Brest State Technical University. – 2022. – No. 3(129). – P. 92-94.

5. Budevici-Puiu L., Budevici-Puiu A. Sports services, product of physical culture activities // Ştiinţa Culturii Fizi-ce. – 2020. – Vol. 2, № 36. – P. 16–24. – DOI: 10.52449/1857-4114.2020.36-2.01.

6. Рынок спортивных услуг: специфика и особенности / Д. В. Бондаренко, М. П. Бондаренко, А. М. Безнебеева, А. А. Ильченко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 10(200). – С. 37-41.

7. Технологии услуг в индустрии спорта и активного досуга: учебное пособие / Л. К. Тропина, Л. Н. Фитина, Т. Б. Голубева, Н. Б. Серова; [под общ. ред. Л. Н. Фитиной]; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Ека-теринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 144 с.

8. Дроботов, С. Е. Проблемы развития сферы физкультурно- спортивных услуг в условиях глобализации / С. Е. Дроботов // Журнал правовых и экономических исследований. – 2013. – № 2. – С. 184-186.

9. Коростелев О. В. Организационно-экономический механизм управления качеством спортивных услуг: дис. … канд. экон. наук: 5.2.3. / Коростелев Олег Владимирович. – Москва, 2023. – 176 с.

10. Мифтахов М. Р. Спортивная активность населения как фактор экономического развития регионов России: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05 / Мифтахов Марсель Ринадович. – Казань, 2021. – 159 с.

References

1. Khabarov, D. A. Consumer Loyalty and Its Economic Value for Sports Services / D. A. Khabarov, I. A. Khabarova // Progressive Economy. - 2026. - No. 1. - Pp. 11-28.

2. GOST R 52024-2024. Physical Culture, Health, and Sports Services. General Requirements. - URL: https://xn--b1alafbgpcgjmjq3k.xn--p1ai/wp-content/uploads/2025/10/gost-r-52024-2024.pdf (date of access 07.05.2026).

3. Mozhelev, E. A. The Nature, Types of Sports Services and Their Relationship with Other Services / E. A. Mozhelev // Russian Regions: A Look into the Future. – 2020. – T. 7, No. 4. – Pp. 117-127.

4. Skvoroda, E. V. Scientific-theoretical approaches to the definitionof the concept "Sports service" in modern so-cio-economic conditions / E. V. Skvoroda // Vestnik of Brest State Technical University. – 2022. – No. 3(129). – Pp. 92-94.

5. Budevici-Puiu L., Budevici-Puiu A. Sports services, product of physical culture activities // Ştiinţa Culturii Fizi-ce. – 2020. – Vol. 2, № 36. – Pp. 16–24. – DOI: 10.52449/1857-4114.2020.36-2.01.

6. The Sports Services Market: Specifics and Features / D. V. Bondarenko, M. P. Bondarenko, A. M. Beznebeeva, A. A. Ilchenko // Scientific Notes of P. F. Lesgaft University. - 2021. - No. 10 (200). - Pp. 37-41.

7. Technologies of Services in the Sports and Active Leisure Industry: A Textbook / L. K. Tropina, L. N. Fitina, T. B. Golubeva, N. B. Serova; [under the general editorship of L. N. Fitina]; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. - Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2020. - 144 p.

8. Drobotov, S. E. Problems of Development of the Sphere of Physical Culture and Sports Services in the Context of Globalization / S. E. Drobotov // Journal of Legal and Economic Studies. - 2013. - No. 2. - Pp. 184-186.

9. Korostelev, O. V. Organizational and Economic Mechanism for Managing the Quality of Sports Services: Diss. ... Cand. Sciences (Econ.): 5.2.3. / Korostelev, Oleg Vladimirovich. - Moscow, 2023. - 176 p.

10. Miftakhov, M. R. Sports Activity of the Population as a Factor in the Economic Development of Russian Regions: Diss. ... Cand. Sciences (Econ.): 08.00.05 / Miftakhov, Marsel Rinadovich. - Kazan, 2021. - 159 p.

Sports Services as a factor in sustainable regional development: a conceptual gap and a system of indicators

Khabarov D.A.

State University of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article identifies a conceptual gap between existing definitions of sports services and the category of sustainable regional development. It is shown that most interpretations focus on the micro-level of provider-consumer interactions and the current effect, while ignoring long-term social, economic, and environmental consequences. A unique definition of sports services is proposed, integrating the trinity of economic efficiency, social inclusiveness, and environmental sustainability. To operationalize this definition, a system of indicators for the three dimensions of sustainability has been developed. Problem areas in regional accounting that hinder an adequate assessment of the contribution of sports services are systematized. The results contribute to the theoretical substantiation of sports services as a factor in the long-term sustainability of regions within the framework of scientific specialty 5.2.3. Regional and sectoral economics (service economy).

Keywords: sports services, sustainable regional development, conceptual gap, sustainability indicators, service economy, environmental sustainability.

References

1. Khabarov, D. A. Consumer Loyalty and Its Economic Value for Sports Services / D. A. Khabarov, I. A. Khabarova // Progressive Economy. - 2026. - No. 1. - pp. 11-28.
2. GOST R 52024-2024. Physical Culture, Health, and Sports Services. General Requirements. - URL: https://xn--b1alafbgpcgjmjq3k.xn--p1ai/wp-content/uploads/2025/10/gost-r-52024-2024.pdf (date accessed 07.05.2026).
3. Mozhelev, E. A. The Nature, Types of Sports Services, and Their Relationship with Other Services / E. A. Mozhelev // Russian Regions: A Look into the Future. – 2020. – T. 7, No. 4. – P. 117-127.
4. Skvoroda, E. V. Scientific-theoretical approaches to the definition of the concept "Sports service" in modern socio-economic conditions / E. V. Skvoroda // Vestnik of Brest State Technical University. – 2022. – No. 3(129). – P. 92-94.
5. Budevici-Puiu L., Budevici-Puiu A. Sports services, product of physical culture activities // Știința Culturii Fizi-ce. – 2020. – Vol. 2, No. 36. – P. 16–24. – DOI: 10.52449/1857-4114.2020.36-2.01.
6. Sports services market: specifics and features / D. V. Bondarenko, M. P. Bondarenko, A. M. Beznebeeva, A. A. Ilchenko // Scientific notes of P. F. Lesgaft University. - 2021. - No. 10 (200). - P. 37-41.
7. Technologies of services in the sports and active leisure industry: a textbook / L. K. Tropina, L. N. Fitina, T. B. Golubeva, N. B. Serova; [under the general editorship of L. N. Fitina]; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. - Ekaterinburg: Publishing house of the Ural. University, 2020. - 144 p.
8. Drobotov, S. E. Problems of Development of the Sphere of Physical Culture and Sports Services in the Context of Globalization / S. E. Drobotov // Journal of Legal and Economic Research. - 2013. - No. 2. - P. 184-186.
9. Korostelev, O. V. Organizational and Economic Mechanism for Managing the Quality of Sports Services: Diss. ... Cand. Sciences (Econ.): 5.2.3. / Korostelev, Oleg Vladimirovich. - Moscow, 2023. - 176 p.
10. Miftakhov, M. R. Sports Activity of the Population as a Factor in the Economic Development of Russian Regions: Diss. ... Cand. Sciences (Econ.): 08.00.05 / Miftakhov, Marsel Rinadovich. - Kazan, 2021. - 159 p.

References

1. Khabarov, D. A. Consumer Loyalty and Its Economic Value for Sports Services / D. A. Khabarov, I. A. Khabarova // Progressive Economy. - 2026. - No. 1. - Pp. 11-28.
2. GOST R 52024-2024. Physical Culture, Health, and Sports Services. General Requirements. - URL: https://xn--b1alafbgpcgjmjq3k.xn--p1ai/wp-content/uploads/2025/10/gost-r-52024-2024.pdf (date of access 05/07/2026).
3. Mozhelev, E. A. The Nature, Types of Sports Services and Their Relationship-ship with Other Services / E. A. Mozhelev // Russian Regions: A Look into the Future. – 2020. – T. 7, No. 4. – Pp. 117-127.
4. Skvoroda, E. V. Scientific-theoretical approaches to the definition of the concept "Sports service" in modern socio-economic conditions / E. V. Skvoroda // Vestnik of Brest State Technical University. – 2022. – No. 3(129). – Pp. 92-94.
5. Budevici-Puiu L., Budevici-Puiu A. Sports services, product of physical culture activities // Știința Culturii Fizi-ce. – 2020. – Vol. 2, No. 36. – Pp. 16–24. – DOI: 10.52449/1857-4114.2020.36-2.01.
6. The Sports Services Market: Specifics and Features / D. V. Bondarenko, M. P. Bondarenko, A. M. Beznebeeva, A. A. Ilchenko // Scientific Notes of P. F. Lesgaft University. - 2021. - No. 10 (200). - Pp. 37-41.
7. Technologies of Services in the Sports and Active Leisure Industry: A Text-book / L. K. Tropina, L. N. Fitina, T. B. Golubeva, N. B. Serova; [under the general editorship of L. N. Fitina]; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. - Ekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2020. - 144 p.
8. Drobotov, S. E. Problems of Development of the Sphere of Physical Culture and Sports Services in the Context of Globalization / S. E. Drobotov // Journal of Legal and Economic Studies. - 2013. - No. 2. - Pp. 184-186.
9. Korostelev, O. V. Organizational and Economic Mechanism for Managing the Quality of Sports Services: Diss. ... Cand. Sciences (Econ.): 5.2.3. / Korostelev, Oleg Vladimirovich. - Moscow, 2023. - 176 p.
10. Miftakhov, M. R. Sports Activity of the Population as a Factor in the Eco-nomic Development of Russian Regions: Diss. ... Cand. Sciences (Econ.): 08.00.05 / Miftakhov, Marcel Rinadovich. - Kazan, 2021. - 159 p.

Мониторинг и оценка развития АПК Краснодарского края

Халяпин Алексей Алексеевич
к.э.н., доцент кафедры финансов, Кубанский государственный аграрный университет, wamp_1@rambler.ru,

Ильенко Валерия Алексеевна
обучающаяся факультета финансы и кредит, Кубанский государственный аграрный университет, lerusik031204@gmail.com,

Горулько Юрий Алексеевич
обучающийся факультета финансы и кредит, Кубанский государственный аграрный университет, man.7426985@gmail.com,

Юрченко Елизавета Николаевна
обучающаяся факультета финансы и кредит, Кубанский государственный аграрный университет, iur4enko.liza@gmail.com

В статье представлены результаты исследования системы мониторинга и оценки развития агропромышленного комплекса Краснодарского края. Актуальность темы обусловлена значимостью региона в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации и необходимостью улучшения управленческих механизмов в условиях климатических и экономических вызовов. Целью исследования является разработка рекомендаций по улучшению системы мониторинга и оценки развития регионального АПК на основе интегрального подхода. В работе использованы методы статистического, сравнительного и динамического анализа, корреляционно-регрессионный анализ, а также методика расчета интегрального индекса устойчивости. Проанализированы ключевые показатели развития отрасли за 2021–2025 гг., рассчитаны среднегодовые темпы роста (CAGR), разработаны сценарии развития на 2026–2027 гг. Научная новизна заключается в подходе к формированию системы мониторинговых индикаторов, включающей в себя интегральный индекс устойчивости и сценарное прогнозирование, учитывающих специфику регионального АПК и современные проблемы. Практическая значимость работы определена возможностью использования полученных результатов региональными органами управления для изменения программ развития агропромышленного комплекса и увеличения эффективности инвестиционного менеджмента.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, региональная экономика, мониторинг, оценка эффективности, Краснодарский край, инвестиции, государственная поддержка, продовольственная безопасность, интегральный индекс устойчивости, сценарное прогнозирование, корреляционно-регрессионный анализ.

Агропромышленный комплекс Краснодарского края занимает главное место в экономике не только региона, но и всей страны. Кубань по считается житницей России – ежегодно хозяйства всех категорий производят товаров АПК более чем на 642 млрд рублей, что составляет около 6% общероссийского объема сельскохозяйственной продукции, а в отдельные года доля региона превышала 7% [7]. Выгодное географическое расположение, уникальные природно-климатические условия, наличие плодородных черноземов создают условия для лидирующих позиций края в аграрном секторе. Современный этап развития определяется увеличением неопределенности внешней среды, так изменение климата, которое проявляется в участившихся засухах и весенних заморозках, колебания мировых продовольственных рынков, рост стоимости материально-технических ресурсов – все эти факторы делают проблему актуальной для формирования эффективной системы мониторинга и оценки развития регионального АПК. Как отмечается в научной литературе, мониторинг представляет собой систему непрерывного наблюдения, анализа и прогнозирования состояния отрасли, которая позволяет своевременно выявлять негативные тенденции и принимать управленческие решения.

Цель исследования заключается в проведении анализа развития АПК Краснодарского края, оценке системы мониторинга и разработке рекомендаций по ее улучшению. Для достижения поставленной цели необходимо решить такие задачи как: изучить теоретические и методологические основы мониторинга и оценки регионального АПК, проанализировать состояние и динамику развития отрасли за 2021–2025 гг., выявить ключевые проблемы, которые сдерживают развитие агропромышленного комплекса, а также определить стратегические приоритеты и обосновать направления улучшения системы мониторинга, включая предложения по улучшению инвестиционного менеджмента.

Мониторинг регионального АПК – это система постоянного сбора, обработки и анализа данных о состоянии и динамике отрасли для информационной поддержки управления, его объектами служат производственные, финансовые и ресурсные показатели, инвестиционная активность и социальное развитие сельских территорий.

Соблюдение принципов целенаправленности, системности, комплексности, непрерывности и достоверности создает информационную базу, которая в свою очередь отражает реальное состояние отрасли и обеспечивает принятие управленческих решений.

Сценарное прогнозирование развития АПК Краснодарского края на 2026–2027 гг. осуществляется на основе 3 вариантов, таких как пессимистичного, базового и оптимистичного.

Для оценки устойчивости развития агропромышленного комплекса Краснодарского края предлагается методика расчета интегрального индекса устойчивости (ИИУ). Данный индекс агрегирует ключевые показатели, которые характеризуют производственную, экономическую, инвестиционную и социальную составляющие развития отрасли.

По данным Росстата, в 2025 г. хозяйства всех категорий произвели сельскохозяйственной продукции на сумму более 642 млрд рублей, что на 5 млрд рублей превышает показатель предыдущего года [1]. Доля региона в общероссийском объеме производства продукции сельского хозяйства в 2024 г. достигла 7,1%, что является наивысшим значением за последние гг. [17].

Агропромышленный комплекс играет основную роль в экономике края, формируя большую часть валового регионального продукта и обеспечивая занятость большой части населения. По состоянию на конец 2024 г. численность рабочей силы в регионе составила 2,93 млн человек, из которых большая доля приходится на сельское хозяйство и смежные отрасли.

В таблице 1 представлены данные о производстве основных видов продукции растениеводства в Краснодарском крае за 2021–2025 гг.

Таблица 1
Производство основных видов продукции растениеводства в Краснодарском крае за 2021–2025 гг. [10, 13]

Вид продукции	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	CAGR 2021-2025, %
Зерновые и зернобобовые, млн т	14,5	14,3	13,8	13,8	9,3	–10,5
Пшеница озимая, млн т	10,9	10,7	9,6	10,3	7,8	–8,0
Ячмень, млн т	1,2	1,15	0,98	1,02	0,97	–5,2
Кукуруза на зерно, млн т	2,35	2,16	2,46	1,1	1,17	–15,9
Рис, млн т	0,78	0,82	0,72	0,86	0,78	0,0

Подсолнечник, млн т	1,1	1,15	1,2	1,18	0,98	–2,9
Сахарная свекла, млн т	10,2	9,8	9,2	8,5	7,2	–8,4
Овощи, млн т	0,82	0,85	0,87	0,89	0,82	0,0
Плоды и ягоды, млн т	0,48	0,52	0,54	0,58	0,56	3,9
Виноград, тыс. т	283,0	274,0	274,2	254,7	305,0	1,9

Необходимо обратить внимание на ситуацию 2025 г., когда регион столкнулся с климатическими проблемами, затяжная засуха, особенно сильно проявившаяся в северных районах края, привела к снижению урожайности. Средняя урожайность зерновых по краю сложилась на уровне 46,6 ц/га, что ниже показателей предыдущих лет [10]. Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур сократился до 9,3 млн тонн против 13,8 млн тонн годом ранее. Для поддержки хозяйств, застраховавших посевы, в 9 районах края был введен режим чрезвычайной ситуации [9].

Динамика урожайности основных зерновых культур представлена в таблице 2.

Таблица 2

Урожайность основных зерновых культур в Краснодарском крае за 2021–2025 гг., ц/га [9, 10]

Культура	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	CAGR 2021-2025, %
Зерновые и зернобобовые (в среднем)	56,2	58,7	55,3	62,3	46,6	–4,60
Пшеница озимая	58,4	62,5	58,4	65,8	48,2	–4,71
Ячмень	62,1	68,3	62,7	71,2	57,5	–1,90
Кукуруза на зерно	52,0	55,0	48,5	55,1	35,0	–9,39
Рис	66,8	70,5	64,8	72,4	68,0	0,45
Подсолнечник	21,0	22,5	23,1	18,3	12,7	–11,82
Сахарная свекла	380	370	344,5	332,1	304,3	–5,42
Соя	19,5	21,4	9,5	10,8	11,3	–12,74
Овощи открытого грунта	200	210	220	210	190	–1,27
Виноград	90,0	89,0	96,0	96,0	105,0	3,93

Рентабельность рисоводства в 2023 г. – 83,5%, рост в 2,8 раза к 2016 г., 29,8% [8], что подтверждает технологический прогресс. Животноводство дает 28-30% валовой продукции в 2024 г. – 172,4 млрд руб., край – в тройке лидеров по молоку и мясу.

В таблице 3 представлены данные о поголовье сельскохозяйственных животных в Краснодарском крае за 2021–2025 гг.

Таблица 3

Поголовье сельскохозяйственных животных в Краснодарском крае за 2021–2025 гг., тыс. голов [12]

Вид животных	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	CAGR 2021-2025, %
Крупный рогатый скот (КРС)	558,0	560,0	563,8	563,3	550,0	–0,36
в том числе коровы	216,0	216,2	213,9	211,6	208,0	–0,94
в том числе прочий КРС (расчет)	342,0	343,8	349,9	351,7	342,0	0,00
Свиньи	608,1	639,1	608,1	600,1	595,9	–0,51
Птица всех видов, млн голов	26,5	26,0	24,2	22,1	20,5	–6,21
в том числе куры-несушки	10,6	10,0	9,2	8,5	8,0	–6,79
Овцы и козы	228,0	226,6	225,0	207,3	207,4	–2,34
Лошади	10,5	10,3	10,1	10,0	9,8	–1,71
Кролики	50,0	48,0	46,0	44,0	42,0	–4,26
Пчелосемьи	143,5	142,0	138,0	133,0	129,9	–2,46

Рост производства молока и мяса при сокращении поголовья говорит об увеличении продуктивности, так, CAGR надоя на корову опережает валового молока, по инвестиционной привлекательности край лидирует среди других аграрных регионов.

В таблице 4 представлены данные об инвестиционной активности в АПК региона за 2021–2025 гг.

Таблица 4

Инвестиции в основной капитал АПК Краснодарского края за 2021–2025 гг. [11, 12]

Вид животных	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	CAGR 2021-2025, %
Крупный рогатый скот (КРС)	558,0	560,0	563,8	563,3	550,0	–0,36
в том числе коровы	216,0	216,2	213,9	211,6	208,0	–0,94
в том числе прочий КРС	342,0	343,8	349,9	351,7	342,0	0,00
Свиньи	608,1	639,1	608,1	600,1	595,9	–0,51
Птица, млн голов	15,2	15,0	14,9	13,5	13,2	–3,48
в том числе куры-несушки, млн голов	6,1	5,8	5,5	5,0	4,8	–5,81
Овцы и козы	228,0	226,6	225,0	207,3	207,4	–2,34
Лошади	9,6	9,4	8,4	8,4	8,3	–3,55
Кролики	52,0	50,0	48,0	46,0	44,0	–4,11
Пчелосемьи	145,5	143,0	138,5	133,0	129,9	–2,79
Крупный рогатый скот (КРС)	558,0	560,0	563,8	563,3	550,0	–0,36

В 2025 г. общий объем инвестиций в агропромышленный комплекс края достиг 60,5 млрд рублей [14]. Среди значимых инвестиционных проектов необходимо выделить строительство молочно-товарной фермы на 2 тыс. фуражных коров, инвестиции 3,5 млрд рублей, реализуемое АО «Родина», строительство птицефабрики АО фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева на сумму 2,3 млрд рублей, а также строительство роботизированной фермы на 1 тыс. коров ЗАО племзверосовхоз «Северинский» за 2,5 млрд рублей [14].

В таблице 5 приведены данные о структуре инвестиций в АПК Краснодарского края по основным направлениям за 2021–2025 гг.

Таблица 5

Структура инвестиций в АПК Краснодарского края по направлениям за 2021–2025 гг., млрд руб. [12, 11]

Направление инвестирования	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	CAGR 2021-2025, %
Растениеводство	12,1	13,2	14,8	14,8	15,2	5,88
Животноводство	18,3	20,5	22,4	22,4	23,8	6,78
Переработка сельхозпродукции	12,5	13,9	16,2	16,2	15,8	6,04
Инфраструктура хранения и логистика	3,8	4,1	4,5	4,5	4,2	2,54
Цифровизация и инновации	1,6	1,0	1,7	1,7	1,5	-1,60
Мелиорация и орошение	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	9,63
Садоводство и виноградарство	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	10,67
Семеноводство и селекция	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	15,83
Рыбоводство и аквакультура	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	13,62
Прочие направления	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,00

Государственная поддержка является важным инструментом стимулирования развития агропромышленного комплекса, в 2025 г. на эти цели в Краснодарском крае было направлено 10,6 млрд рублей, из которых 5,4 млрд рублей выделено на развитие растениеводства [16].

В таблице 6 представлены данные об экспорте продукции АПК Краснодарского края за 2021–2025 гг.

Таблица 6

Экспорт продукции АПК Краснодарского края за 2021–2025 гг., млрд долл. США

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	CAGR 2021-2025, %
Экспорт продукции АПК, млрд долл. США	2,1	2,3	2,5	2,7	3,24	11,5
Доля продукции с высокой добавленной стоимостью, %	38,0	40,0	42,0	44,0	46,0	4,9
Экспорт зерновых культур, млн т	35,0	38,0	51,3	54,8	34,8	–0,1
Экспорт масложировой продукции, тыс. т	280	300	320	336	370	7,2
Экспорт мяса и мясопродуктов, тыс. т	22,0	23,5	25,0	24,8	27,8	6,0
Экспорт молочной продукции, тыс. т	12,0	12,5	13,0	13,0	16,1	7,6
Экспорт рыбы и морепродуктов, тонн	120	130	140	158	300	25,7
Экспорт риса, тыс. т	1,5	1,6	1,8	2,0	51,3	142,2

Внедрение ИИ и цифровых технологий 2024–2025 гг. – эксперименты на 50 полях площадью 4 250 га. Рост обеспечивают интенсивные технологии, селекция и цифровизация, на основе анализа 2021–2025 гг. разработаны 3 сценария на 2026–2027 гг., значения которых получены с учетом климатических, экономических и инвестиционных условий.

Пессимистичный включает в себя продолжение засух и заморозков, снижение инвестиций в следствии чего валовая продукция падает на 10

млрд руб./год, рентабельность 22%, вакансии растут. Базовый, нормальная погода, зерновые 12–14 млн т, умеренный рост +15 млрд руб./год, примерно 2,3%. Оптимистичный предполагает хорошую погоду, господдержку 12–13 млрд руб., темпы роста на уровне верхней границы 2021–2024 гг., CAGR приблизительно 4,2%. Значения на 2028–2030 гг. – продление ситуации с выходом на плато для рентабельности и вакансий, такой подход обеспечивает непротиворечивость и позволяет оценить развитие АПК в зависимости от условий [4].

В таблице 7 представлены прогнозные значения основных показателей по трем сценариям.

Таблица 7

Пессимистичный сценарий развития АПК Краснодарского края на 2026–2030 гг.

Показатель	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Валовая продукция сельского хозяйства, млрд руб.	620	610	600	590	580
Индекс производства, % к пред. г.	96,6	98,4	98,0	97,5	97,0
Производство зерновых, млн т	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2
Производство молока, тыс. т	1750	1720	1690	1660	1630
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	55,0	52,0	49,0	46,0	43,0
Рентабельность сельхозпроизводства, %	25,0	22,0	22,0	22,0	22,0
Количество вакансий в АПК, тыс. ед.	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0

Пессимистичный сценарий предполагает продолжение негативных климатических тенденций, снижение инвестиционной активности и сохранение кадрового дефицита. В данных условиях валовая продукция сельского хозяйства может сократиться до 610 млрд рублей к 2027 г., а рентабельность производства снизится до 22%.

Таблица 8

Базовый сценарий развития АПК Краснодарского края на 2026–2030 гг.

Показатель	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Валовая продукция сельского хозяйства, млрд руб.	650	665	680	695	710
Индекс производства, % к пред. г.	101,2	102,3	101,8	102,0	101,5
Производство зерновых, млн т	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5
Производство молока, тыс. т	1820	1860	1900	1940	1980
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	62,0	65,0	68,0	71,0	74,0
Рентабельность сельхозпроизводства, %	32,0	34,0	35,0	36,0	37,0
Количество вакансий в АПК, тыс. ед.	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0

Базовый сценарий основан на сохранении текущих трендов и умеренном росте государственной поддержки. Ожидается, что валовая продукция достигнет 665 млрд рублей к 2027 г., производство зерновых восстановится до 13 млн тонн, а инвестиции в основной капитал вырастут до 65 млрд рублей.

Таблица 9

Оптимистичный сценарий развития АПК Краснодарского края на 2026–2030 гг.

Показатель	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Валовая продукция сельского хозяйства, млрд руб.	680	710	740	770	800
Индекс производства, % к пред. г.	105,9	104,4	104,0	104,5	105,0
Производство зерновых, млн т	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0
Производство молока, тыс. т	1900	1950	2000	2050	2100
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	68,0	72,0	76,0	80,0	84,0
Рентабельность сельхозпроизводства, %	38,0	40,0	42,0	44,0	46,0
Количество вакансий в АПК, тыс. ед.	12,0	10,0	9,0	8,0	7,0

Оптимистичный сценарий предполагает благоприятные погодные условия, рост государственной поддержки до 12-13 млрд рублей и успешную реализацию программы по сокращению кадрового дефицита. В этом случае валовая продукция может превысить 710 млрд рублей к 2027 г., а рентабельность производства достигнет 40%.

На основе предложенной методики рассчитан интегральный индекс устойчивости АПК Краснодарского края за 2021–2025 гг.

В таблице 14 представлены нормированные значения частных показателей и итоговый ИИУ.

Таблица 10

Расчет интегрального индекса устойчивости АПК Краснодарского края за 2021–2025 гг.

Показатель	Вес	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Фактические значения						
Индекс производства, %		102,1	98,7	93,2	106,3	100,8
Рентабельность, %		36,4	42,7	44,8	34,2	30,5
Инвестиции в АПК, млрд руб.		48,3	52,7	59,6	59,6	60,5
Средняя заработная плата, тыс. руб.		48,05	53,5	58,95	67,36	70,5
Производительность труда, млн руб./чел.		1,95	2,09	2,18	2,36	2,42
Нормированные значения						
Индекс производства	0,25	0,679	0,420	0,000	1,000	0,580
Рентабельность	0,20	0,413	0,853	1,000	0,259	0,000
Инвестиции в АПК	0,25	0,000	0,361	0,926	0,926	1,000
Средняя заработная плата	0,15	0,000	0,243	0,486	0,860	1,000
Производительность труда	0,15	0,000	0,298	0,489	0,872	1,000
Интегральный индекс устойчивости (ИИУ)		0,252	0,440	0,628	0,792	0,631

В период 2021-2024 гг. наблюдался рост интегрального индекса устойчивости с 0,252 ед. до 0,792 ед., что говорит об увеличении развития отрасли, но в 2025 г. произошло снижение индекса до 0,631 ед., что произошло на фоне падениея рентабельности производства и снижения индекса производства из-за неблагоприятных погодных условий.

Ключевыми проблемами являются климатические риски – в 2025 г. засуха и заморозки снизили валовой сбор зерновых на 30%, застрахована лишь треть погибших посевов [3], второй проблемой является кадровый дефицит – 15,9 тыс. вакансий +24%, резюме сократилось на 30%, а 90% нехватки – специалисты среднего звена, так же рост затрат на технические ресурсы, снизивший рентабельность с 44,8% в 2023 г. до 30,5% в 2025 г.

Стратегическими приоритетами является развитие переработки для повышения добавленной стоимости и создания рабочих мест, расширение экспорта, так в 2025 г. рост на 20%, до 3,24 млрд долл., так же развитие малых форм, свыше 150 кооперативов или более 2000 пайщиков [7]. Улучшение агрострахования, так в 2025 г. господдержка 420 млн руб., +9% к 2024 г. [2]. И внедрение цифровых технологий точного земледелия и цифровых платформ [8].

Проведенный анализ позволяет сделать предложения по улучшению системы мониторинга и оценки развития АПК Краснодарского края:

1. Внедрение автоматизированной системы мониторинга с использованием ИИ, то есть использование современных информационных технологий, что позволит увеличит достоверность информации.

2. Расширение перечня мониторинговых показателей.

3. Внедрение ИИУ в практику управления.

4. Развитие сценарного прогнозирования позволит заранее готовиться к возможным негативным изменениям и своевременно изменять стратегию развития [6].

5. Необходимо увеличить объем инвестиций в основной капитал АПК до 68-72 млрд рублей к 2027 г., оптимизировать структуру инвестиций в пользу высокотехнологичных направлений, внедрить систему мониторинга эффективности инвестиционных проектов с использованием показателя CAGR, развивать механизмы государственного и частного партнерства для привлечения инвестиций.

6. Улучшение системы аудита эффективности, необходимо внедрение постоянного аудита эффективности использования бюджетных средств, направляемых на поддержку АПК.

7. Создание единой информационной платформы, что позволит обеспечить подход к мониторингу и повысить качество принимаемых управленческих решений.

Краснодарский край сохраняет лидерство с долей более 6% в продукции АПК России, после спада 2023 г. восстановление, но засуха 2025 г. увеличила климатические риски. CAGR валовой продукции – 3,66%, инвестиций – 5,79%, молока – 4,03%, мяса – 5,19%, рентабельность снизилась с 36,4% до 30,5%. Интегральный индекс устойчивости вырос с 0,252 до 0,792, но упал до 0,631 в 2025 г., что требует мер по улучшению. Основными факторами являются инвестиции и зарплата, в свою очередь рост инвестиций на 1 млрд руб. дает +5,84 млрд валовой продукции. По оптимистичному сценарию валовая продукция к 2027 г. может достичь 710 млрд руб., а рентабельность – 40%.

Литература

1. Абалкин Л.И. Конечные народнохозяйственные результаты. Сущность, показатели, пути повышения. – М.: Экономика, 1982. – 236 с.
2. Бадякина Т.О. Мониторинг и анализ эффективности государственного регулирования как фактор устойчивого развития АПК региона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 114. – С. 15-19.
3. Бречко Я.Н., Макрак С.В. и др. Методические подходы к обоснованию системы автоматизированного мониторинга и контроля показателей производственно-экономической деятельности сельскохозяйственных организаций на региональном уровне. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2023.
4. Ганенко И., Долбунова Е. Лидер российского агропроизводства. Обзор АПК Краснодарского края // Агроинвестор. – 2025.
5. Коваленко Е.Г., Коваленко А.А. Методические подходы и показатели оценки эффективности функционирования регионального АПК // Управление и учет. – 2025.
6. Краснодарский край завершил уборку зерновых, собрано более 9 млн тонн // Интерфакс Россия. – 2025. – 7 августа.
7. Объем производства сельхозпродукции в Краснодаре вырос на 7% в 2025 г. // РБК Краснодар. – 2025.
8. Оценка эффективности государственной инвестиционной политики сельского хозяйства Краснодарского края / А. А. Халяпин, Д. В. Фролов, М. А. Мордовин, Е. А. Полторацкий // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 2(175). – С. 153-159. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.025. – EDN LXNBNJ.
9. Прогнозы и сценарии развития отраслей АПК России / А. А. Халяпин, А. Д. Красуля, Т. А. Тарчоков, Н. С. Шукалов // Экономика и предпринимательство. – 2025. – № 2(175). – С. 681-687. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.123. – EDN YKLZHU.
10. Прибыльное поголовье: как кубанский агросектор растет на молоке и мясе // Кубанские новости. – 2025. – 27 августа.
11. Снимщикова И.В., Чугаева Ю.А. Государственный аудит нецелевого и неэффективного использования бюджетных средств как инструмент повышения эффективности АПК // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 87. – С. 26-29.
12. Халяпин, А. Модернизация аграрного сектора экономики в современных условиях / А. Халяпин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2012. – № 4. – С. 7-9. – EDN PCHHGH.
13. Халяпин, А. А. Направления повышения конкурентоспособности и эффективности деятельности предпринимательских структур АПК Краснодарского края / А. А. Халяпин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 8, № 4(30). – С. 43-49. – DOI 10.12737/2432. – EDN RZAYXF.
14. Халяпин, А. А. Аграрная политика РФ и Краснодарского края / А. А. Халяпин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 71. – С. 274-296. – EDN OIGYHP.
15. Цатхланова Т.Т. Методические аспекты оценки и повышения эффективности сельскохозяйственного производства // Управление экономическими системами: Электронный научный журнал. – Кисловодск: Кисловодский институт экономики и права, 2019.
16. Шевкуненко М.Ю., Шевченко А.А. Минимизация импортозависимости сельскохозяйственной продукции как фактор обеспечения продовольственной безопасности России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 82. – С. 50-52.
17. Эмерсон Г. Двенадцать принципов производительности / пер. с англ. – М.: Экономика, 1992. – 224 с.

Monitoring and evaluation of agro-industrial complex development in Krasnodar region

Khalyapin A.A., Ilyenko V.A., Gorulko Yu.A., Yurchenko E.N.
Kuban State Agrarian University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article presents the results of a study of the monitoring and assessment system for the development of the agro-industrial complex in the Krasnodar Territory. The relevance of the topic is due to the importance of the region in ensuring the food security of the Russian Federation and the need to improve management mechanisms in the face of climate and economic challenges. The purpose of the study is to develop recommendations for improving the monitoring and assessment system for the development of the regional agro-industrial complex based on an integrated approach. The study uses statistical, comparative, and dynamic analysis methods, correlation and regression analysis, as well as a methodology for calculating an integrated sustainability index. The key indicators of the industry's development for 2021-2025 have been analyzed, the average annual growth rates (CAGR) have been calculated, and development scenarios for 2026-2027 have been developed. The scientific novelty lies in the approach to forming a system of monitoring indicators that includes an integral index.

Keywords: agro-industrial complex, regional economy, monitoring, efficiency assessment, Krasnodar Territory, investments, state support, food security, integral sustainability index, scenario forecasting, correlation and regression analysis.

References

1. Abalkin L.I. Final national economic results. Essence, indicators, ways of improvement. – Moscow: Economica, 1982. – 236 p.
2. Badyakina T.O. Monitoring and analysis of the effectiveness of state regulation as a factor in the sustainable development of the regional agro-industrial complex // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. – 2024. – No. 114. – pp. 15-19.
3. Brechko Ya.N., Makrak S.V., et al. Methodological approaches to the substantiation of the system of automated monitoring and control of indicators of production and economic activity of agricultural organizations at the regional level. – Minsk: Institute for Systems Research in the Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, 2023.
4. Ganenko I., Dolbunova E. Leader of Russian agricultural production. Review of the agro-industrial complex of Krasnodar Krai // Agroinvestor. – 2025.
5. Kovalenko E.G., Kovalenko A.A. Methodological approaches and indicators for assessing the effectiveness of the regional agro-industrial complex // Management and accounting. – 2025.
6. Krasnodar Krai has completed the grain harvest, collecting over 9 million tons // Interfax Russia. – 2025. – August 7.
7. The volume of agricultural production in Krasnodar increased by 7% in 2025 // RBC Krasnodar. – 2025.
8. Assessing the effectiveness of the state investment policy in agriculture in Krasnodar Krai / A.A. Khalyapin, D.V. Frolov, M.A. Mordovin, E.A. Poltoratsky // Economy and entrepreneurship. – 2025. – No. 2 (175). – P. 153-159. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.025. – EDN LXNBNJ.
9. Forecasts and scenarios for the development of Russian agro-industrial complex sectors / A. A. Khalyapin, A. D. Krasulya, T. A. Tarchokov, N. S. Shukalov // Economy and entrepreneurship. – 2025. – No. 2(175). – P. 681-687. – DOI 10.34925/EIP.2025.175.2.123. – EDN YKLZHU.
10. Profitable livestock: how the Kuban agricultural sector is growing on milk and meat // Kuban news. – 2025. – August 27.
11. Snimshchikova I.V., Chugaeva Yu.A. State audit of improper and inefficient use of budget funds as a tool for improving the efficiency of the agro-industrial complex // Works of the Kuban State Agrarian University. - 2020. - No. 87. - Pp. 26-29.
12. Khalyapin, A. Modernization of the agricultural sector of the economy in modern conditions / A. Khalyapin // International Agricultural Journal. - 2012. - No. 4. - Pp. 7-9. - EDN PCHHGH.
13. Khalyapin, A. A. Directions for improving the competitiveness and efficiency of entrepreneurial structures of the agro-industrial complex of Krasnodar Krai / A. A. Khalyapin // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. - 2013. - Vol. 8, No. 4 (30). - Pp. 43-49. - DOI 10.12737/2432. – EDN RZAYXF.
14. Khalyapin, A. A. Agrarian Policy of the Russian Federation and Krasnodar Krai / A. A. Khalyapin // Polythematic Online Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. – 2011. – No. 71. – Pp. 274-296. – EDN OIGYHP.
15. Tsatkhlanova T.T. Methodological Aspects of Assessing and Improving the Efficiency of Agricultural Production // Management of Economic Systems: Electronic Scientific Journal. – Kislovodsk: Kislovodsk Institute of Economics and Law, 2019.
16. Shevkunenko M.Yu., Shevchenko A.A. Minimizing Import Dependence of Agricultural Products as a Factor in Ensuring Food Security of Russia // Transactions of the Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 82. – P. 50-52.
17. Emerson G. The Twelve Principles of Productivity / trans. from English. – Moscow: Economica, 1992. – 224 p.

Роль гидроэнергетического потенциала Сибири в обеспечении экспортной конкурентоспособности российского алюминия на рынках Азии

Шаповалов Кирилл Витальевич
аспирант, институт экологии РУДН, shapovaloff.kirill@yandex.ru

В статье рассматривается роль гидроэнергетического потенциала Сибири в формировании экспортной конкурентоспособности российского алюминия на рынках Азии и Ближнего Востока в условиях глобального энергетического перехода, усиления климатического регулирования и изменений международных торговых потоков. Особое внимание уделяется влиянию энергетической базы Ангаро-Енисейского каскада ГЭС на снижение косвенных выбросов парниковых газов при производстве первичного алюминия. Использование возобновляемой гидравлической энергии обеспечивает российскому алюминию конкурентное преимущество по сравнению с продукцией, произведенной на основе угольной и газовой энергии в Китае, Индии и странах Ближнего Востока. В работе анализируется значение брендов алюминия с низким углеродным следом ALLOW, ALLOW INERTA и PEFA, а также их роль в производственных цепочках различных отраслей, таких как, автомобилестроение, судостроение, энергетика в Азии. Статья подчеркивает, что механизм трансграничного углеродного регулирования ЕС оказывает значительное воздействие на спрос на алюминий с низким углеродным следом. Сделан вывод о том, что сибирская гидроэнергетика является стратегическим фактором долгосрочной экспортной устойчивости российской алюминиевой отрасли.

Ключевые слова: российский алюминий, гидроэнергетика Сибири, алюминий с низким углеродным следом, экспортная конкурентоспособность, углеродный след, трансграничное углеродное регулирование, энергетический переход, возобновляемая энергия, алюминиевая промышленность.

Введение

В условиях глобальных изменений цепочек поставок и нарастающего санкционного давления на сектор российской металлургии в западных странах, экспортная стратегия российской алюминиевой промышленности окончательно переориентировалась в сторону Азиатско-Тихоокеанского региона и государств Ближнего Востока. К середине 2025 года доля азиатского направления в структуре экспортной выручки ведущего российского производителя алюминия достигла значения в 53%, продемонстрировав рост на 68 процентных пунктов за год [1]. Определяющим фактором подобного масштабного прироста выступает уникальная гидроэнергетическая база региона Сибири, которая является фундаментальной для производства алюминия с одним из самых низких показателей удельных выбросов парниковых газов (ПГ) в мировом масштабе.

В то время как глобально производство первичного алюминия демонстрирует признаки стагнации, что обусловлено острым дефицитом доступной электроэнергии и высокой волатильностью цен на ископаемое топливо, российские производственные мощности, интегрированные с Ангаро-Енисейским каскадом гидроэлектростанций, сохраняют высокую степень устойчивости. Научная гипотеза настоящего исследования базируется на утверждении, что гидроэнергетический потенциал сибирских регионов является не просто естественным географическим преимуществом, но стратегическим активом. Низкий углеродный след, обеспечиваемый энергией сибирских рек, выступает сегодня в качестве одного из наиболее значимых конкурентных преимуществ российского алюминия. Это позволяет российским компаниям не только быть конкурентоспособными по отношению к производителям из стран с высокой углеродоемкостью энергобаланса (Китайская Народная Республика, Индия), но и гарантировать стабильность поставок в условиях геополитической нестабильности традиционных энергетических хабов, в частности, в зоне Персидского залива.

Методология исследования

Для проверки выдвинутой гипотезы и анализа положения российского алюминия на международных рынках, прежде всего в странах Азии, в работе использовались несколько взаимодополняющих методов исследования.

Сравнительный анализ углеродного следа.

Было проведено сопоставление объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов при производстве алюминия в разных регионах. В частности, рассматривался сибирский алюминий, производимый с использованием гидроэнергии, китайский алюминий, значительная часть которого выпускается на основе угольной генерации, а также ближневосточный алюминий, где важную роль играет электроэнергия, получаемая из природного газа.

Анализ изменения рыночных премий.

В работе рассмотрено, как менялись ценовые премии на алюминий с низким углеродным следом на рынках Японии и Южной Кореи. Особое внимание уделялось тому, как на эти надбавки влияет ограниченное предложение такого металла в регионе.

Изучение внешнеторговых потоков.

Были проанализированы данные таможенной статистики крупнейших импортеров алюминия в Азии — Китая, Японии, Республики Корея и Индии — за 2024–2025 годы. Это позволило выявить изменения в структуре спроса и определить, какие виды алюминиевой продукции становятся наиболее востребованными.

Оценка технологических факторов.

Отдельно рассматривалось влияние новых производственных решений на конкурентоспособность российского алюминия. В частности, оценивалось значение специализированных литейных сплавов и технологии инертного анода для более глубокого включения российского металла в производственные цепочки высокотехнологичных отраслей.

Результаты исследования

Причины роста популярности низкоуглеродного алюминия на азиатских рынках

Спрос на алюминий с низким углеродным следом в Азии уже нельзя считать узким рыночным направлением. Постепенно он становится одним из важных требований для производителей и конечных потребителей алюминия. Данная тенденция связана с несколькими причинами.

1. Развитие углеродного регулирования внутри стран Азиатского региона.
2. Крупные экономики Азии постепенно вводят собственные механизмы контроля за выбросами парниковых газов. В Китае национальная система торговли выбросами парниковых газов расширяется на промышленные отрасли [2]. В Турции с 2026 года должна начаться пробная стадия национальной системы торговли выбросами парниковых газов, которая затронет, в том числе, алюминиевую промышленность [3]. В результате национальные конечные потребители все чаще стремятся использовать сырье с более низким углеродным следом.
3. Влияние углеродного регулирования Европейского союза.
4. Южная Корея, Япония, Китай и Турция поставляют на рынок ЕС значительные объемы алюминиевых полуфабрикатов, таких как алюминиевые профили, трубы, и готовой промышленной продукции, включая автомобили, бытовую технику и электронику [4]. Для таких производителей становится важно снижать углеродный след не только конечного изделия, но и используемых материалов. Поэтому алюминий с меньшими выбросами парниковых газов при производстве становится для них более конкурентоспособным.
5. Национальные климатические цели.
6. Китай реализует курс на сокращение выбросов парниковых газов и достижение углеродной нейтральности. Япония и Республика Корея также заявили о планах перейти к углеродной нейтральности к 2050 году [5]. Эти цели постепенно ограничивают использование металла, произведенного с высоким уровнем выбросов парниковых газов, и повышают интерес к первичному алюминию с низким углеродным следом.
7. Требования крупных компаний к поставщикам.
8. Крупные промышленные и технологические компании в Азии все чаще оценивают не только качество и цену сырья, но и его воздействие на окружающую среду. Многие из них ставят цели в рамках своей корпоративной и социальной ответственности по сокращению выбросов парниковых газов по всей производственной цепочке. Они требуют от поставщиков подтвержденных данных об углеродном следе каждой тонны алюминия. Поэтому наличие верифицированной информации о происхождении металла и выбросах парниковых газов при его производстве становится важным конкурентным преимуществом.

Стратегическое значение гидроэнергетики как конкурентного преимущества

Использование гидроэнергии является одним из ключевых факторов конкурентоспособности российского алюминия. В отличие от многих зарубежных производителей, которые в значительной степени зависят от угольной или газовой генерации, российские алюминиевые заводы в Сибири работают в энергосистеме с высокой долей возобновляемой электроэнергии [6]. За счет этого выбросы парниковых газов на стадии электролиза остаются сравнительно низкими.

В современных условиях это приобретает особое значение, поскольку требования к углеродному следу промышленной продукции постепенно ужесточаются. Для покупателей алюминия все более важным становится не только качество и цена металла, но и объем выбросов, связанных с его производством.

Для более наглядного сравнения ниже приведены показатели углеродного следа алюминия в России и в регионах поставки российского алюминия в Азии.

Таблица 1

Сравнение интенсивности выбросов парниковых газов по регионам производства

Регион производства	Источник энергии	Прямые выбросы ПГ (Охват 1), т CO2/т	Косвенные выбросы ПГ (Охват 2), т CO2/т
Сибирь (РФ)	Гидро (ГЭС)	1,5 - 2,0	< 0,1
Китай	Уголь	1,6 - 1,8	11,2 - 14,0
Ближний Восток	Природный газ	1,6 - 2,0	4,0 - 6,0
Индия	Уголь / Смешанный	1,7 - 2,2	10,0 - 12,5

Источник: составлено автором на основании [7]

Данные подтверждают десятикратное превосходство сибирского алюминия по показателю выбросов парниковых газов Охвата 2 над китайскими и индийскими аналогами.

Развитие российских брендов с низким углеродным следом

Центральное место в товарной стратегии РУСАЛ, крупнейшего производителя первичного алюминия в России, занимает зонтичный бренд ALLOW. Его доля в совокупном производстве компании постоянно растет: на сегодняшний день более 98% всего выпускаемого алюминия производится с использованием возобновляемой энергии, прежде всего, сибирских ГЭС, что фактически делает почти весь объем продукции с низким углеродным следом.

Согласно актуальным отчетам по устойчивому развитию и спецификациям на официальном сайте производителя, алюминий ALLOW обладает следующими характеристиками:

- Углеродный след составляет менее **2,2 тонны эквивалента диоксида углерода** на тонну металла (суммарно по Охвату 1 и Охвату 2).
- Для продукции под брендом ALLOW углеродный след «От колыбели до ворот» составляет менее 8 тонн эквивалента диоксида углерода на тонну, что значительно ниже среднемирового уровня в 15 тонн.
- Все показатели ежегодно подтверждаются независимыми аудиторами (TÜV AUSTRIA Standards & Compliance, Quantis) на соответствие международному стандарту ISO 14067:2018 [8].

Вершиной инноваций является марка алюминия ALLOW INERTA, производимая с применением инертного анода. Данная технология полностью исключает прямые выбросы парниковых газов, заменяя выделение углекислого газа чистым кислородом.

Удельные выбросы парниковых газов по Охвату 1 и 2 при использовании этой технологии достигают исторического минимума — 0,01 тонны CO_2 эквивалента на тонну алюминия [9].

Для нужд транспортного машиностроения разработана серия PEFA. Особенность данной продукции заключается в вовлечении в производство до 20–40% алюминиевого лома, что в сочетании с гидроэнергией позволяет снизить углеродный след еще на 20% по сравнению со стандартными первичными сплавами [10].

Примеры сотрудничества на рынках Азии

Переориентация на азиатские рынки подкреплена глубокой интеграцией в производственные цепочки крупнейших региональных потребителей.

КНР является ключевым потребителем российского алюминия. В 2025 году импорт первичного металла из РФ в Китай вырос на 51% (в стоимостном выражении) и достиг рекордных 5,71 млрд долларов США. Физический объем поставок составил около 2,16 млн тонн, что обеспечило России долю в 35% от всего китайского импорта алюминия [11].

Примеры партнерства:

Henan Mingtai Aluminium: Подписано долгосрочное соглашение на поставку металла под брендом ALLOW для заводов группы. Продукция используется для выпуска упаковки и компонентов для транспортного сектора с низким углеродным следом [12].

Японский рынок в начале 2026 года столкнулся с острым дефицитом первичного алюминия из-за сбоев в поставках из стран Персидского залива (ОАЭ, Бахрейн), вызванных угрозами судоходству в Ормузском проливе, японские премии на алюминий подскочили до 350 долларов за тонну, что сделало поставки из Сибири более выгодными [13].

Из примеров стратегического партнерства в отношении алюминия с низким углеродным следом можно отметить Kosei Aluminium. Продукция поставляется для таких брендов, как Toyota, Honda, Nissan, Suzuki, Mazda, Subaru и Mitsubishi [14]. Статус сотрудничества на текущий момент неизвестен.

В апреле 2026 года по заявлениям различных агентств японские автопроизводители возобновили переговоры с РУСАЛ относительно поставок алюминия на фоне конфликта на Ближнем Востоке. Часть сделок ожидается закрыть в ближайшее время [15].

Южная Корея стабильно входит в тройку крупнейших рынков сбыта. В 2025 году выручка от продаж в этом регионе составила 1,2 млрд долларов США [16]. Прогнозируемый объем потребления на 2026 год составляет чуть менее 500 тысяч тонн [15].

Примеры сотрудничества (статус на текущий момент неизвестен):

Hyundai и Kia: Использование литейных сплавов серии PEFA для облегчения веса конструкций электромобилей и снижения суммарного углеродного следа транспортных средств [17].

Henan Mingtai (Gwangyang rolling mill): Поставки низкоуглеродного алюминия на новый прокатный завод в Кваньяне для производства упаковочной фольги [18].

Индия демонстрирует самый быстрый рост спроса на алюминий на фоне масштабной электрификации.

Российский металл под брендом ALLOW используется в проектах солнечной и ветровой энергетики Индии, помогая местным компаниям (например, участникам программы Indian New Deal) улучшать свои показатели в области климатической ответственности (ESG).

Трансграничное углеродное регулирование ЕС и роль гидрогенерации

В 2026–2027 годах расчет платежей в алюминиевом секторе в основном связан с прямыми выбросами [19]. Речь идет о выбросах, которые возникают непосредственно в процессе производства алюминия, прежде всего на стадии электролиза из-за использования анодов.

На этом этапе преимущество сибирской гидроэнергетики пока не полностью отражается в размере платежей. Дело в том, что выбросы, связанные с потреблением электроэнергии, пока подлежат обязательному раскрытию и проверке, но не включаются в расчет платы в полном объеме.

Тем не менее даже прямые выбросы уже становятся важным фактором себестоимости. В начале 2026 года стоимость углеродных сертификатов достигала 75,36 евро за тонну, что усиливает значение технологий производства с более низким уровнем выбросов [20].

Существенные изменения ожидаются с 1 января 2028 года. Европейский союз расширяет список алюминиевой продукции, подпадающей под механизм трансграничного углеродного регулирования, а также изменяет правила учета предпотребительского лома [21]. Кроме того, в долгосрочной перспективе ЕС прассматривает возможность расширения учета косвенных выбросов, связанных с использованием электроэнергии, в том числе для энергоемких отраслей и производства алюминия.

В случае включения таких выбросов ПГ в расчет конкурентные преимущества алюминия, произведенного на основе гидроэнергии, могут заметно усилиться.

Российский алюминий, производимый с использованием сибирской гидроэнергии, имеет значительно более низкий углеродный след по сравнению с металлом, выпускаемым на основе угольной или иной высокоуглеродной генерации. Если выбросы от электроэнергии будут учитываться при расчете платежей, разница между российским, китайским и индийским алюминием станет более заметной в денежном выражении.

Для азиатских компаний, экспортирующих в ЕС автомобили, бытовую технику, электронику и другую промышленную продукцию, станет важным подтверждать низкий углеродный след не только конечного изделия, но и используемых материалов. В этих условиях алюминий с подтвержденным низким уровнем выбросов может стать для них способом снизить будущие расходы и сохранить конкурентоспособность на европейском рынке.

Таким образом, углеродное регулирование ЕС постепенно меняет критерии выбора алюминия. Для покупателей все большее значение приобретают не только цена, качество и надежность поставок, но и подтвержденный уровень выбросов при производстве металла.

Использование электроэнергии сибирских ГЭС может дать российскому алюминию существенное ценовое преимущество по сравнению с металлом, произведенным на основе угольной генерации в долгосрочной перспективе. При включении косвенных энергетических выбросов ПГ в расчет углеродных платежей разница может составить более 1000 евро на одну тонну алюминия.

При текущем уровне цен на алюминий около 3000-3500 долларов за тонну такая дополнительная нагрузка для металла с высоким углеродным следом становится крайне значимой. Фактически она может заметно ухудшить экономику поставок алюминия на базе угольной энергии на рынок ЕС и снизить его привлекательность для европейских покупателей.

В этих условиях российский алюминий с низким углеродным следом, включая продукцию под брендом ALLOW, получает дополнительное конкурентное преимущество. Для азиатских производителей, которые экспортируют готовую продукцию в Европу, такой металл может стать одним из наиболее удобных способов снизить углеродные издержки и сохранить рентабельность поставок на рынок ЕС.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает выдвинутую гипотезу: гидроэнергетическая база Сибири является одним из ключевых факторов конкурентоспособности российского алюминия на международных рынках рынках. В условиях перехода мировой экономики к более низкоуглеродной модели, преимущества каскада сибирских ГЭС приобретают не только производственное, но и стратегическое значение.

Переориентация российского алюминиевого экспорта на азиатские рынки стала возможной в том числе благодаря продвижению продукции с низким углеродным следом. Рост доли Азии в выручке, увеличение поставок в Китай и другие страны Азии показывают, что российский алюминий встроен в производственные цепочки ведущих азиатских отраслей.

Отдельное значение имеет фактор будущих изменений углеродного регулирования. В 2026–2027 годах использование гидроэнергии еще не дает прямого финансового преимущества в рамках CBAM, поскольку основной расчет платежей связан прежде всего с прямыми выбросами ПГ. Однако в случае включения косвенных выбросов ПГ, связанных с потреблением электроэнергии, значение российского алюминия с низким углеродным следом заметно возрастет. Это может усилить позиции российского алюминия на рынках Японии, Китая, Южной Кореи и Турции, где производители во многом ориентированы на экспорт готовой продукции в страны с более жесткими экологическими требованиями.

Таким образом, сибирская гидроэнергетика выступает важной основой долгосрочной конкурентоспособности российской алюминиевой промышленности. Она позволяет отрасли адаптироваться к новым условиям мировой торговли, укреплять позиции на азиатских рынках и сохранять значимость в формирующейся низкоуглеродной экономике.

Литература

1. Продажи низкоуглеродного алюминия «Русала» в 2025 году выросли на 20% [Электронный ресурс] // Metalbulletin.ru. URL: https://www.metalbulletin.ru/news/color/10188552/
2. China unveils new measures to promote green and low-carbon development [Электронный ресурс] // The State Council of the People's Republic of China. 2025. 25 Aug. URL: https://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202508/25/content_WS68ac6afac6d0868f4e8f50fc.html
3. Türkiye adopts carbon trading amid US tariffs, shifting EU climate debates, Iran-war linked energy crisis [Электронный ресурс] // Anadolu Ajansı. 2025. URL: https://www.aa.com.tr/en/greenline/green-economy/turkiye-adopts-carbon-trading-amid-us-tariffs-shifting-eu-climate-debates-iran-war-linked-energy-crisis/1829891
4. European Aluminium asks for an effective trade policy to protect the European Aluminium industry [Электронный ресурс] // European Aluminium. 2026. 9 Feb. URL: https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2026/02/9-02-2026-European-Aluminium-asks-for-an-effective-trade-policy-to-protect-the-European-Aluminium-industry.pdf
5. Net Zero Tracker [Электронный ресурс]. URL: https://zerotracker.net
6. Environmental Protection [Электронный ресурс] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/sustainability/environmental-protection/
7. Greenhouse Gas Emissions: Aluminium Sector [Электронный ресурс] // International Aluminium Institute. URL: https://international-aluminium.org/statistics/greenhouse-gas-emissions-aluminium-sector/
8. Отчетность в области устойчивого развития [Электронный ресурс] // РУСАЛ: официальный сайт. URL: https://rusal.ru/sustainability/report/
9. Allow INERTA aluminium from RUSAL is tested in China first [Электронный ресурс] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/allow-inerta-aluminium-from-rusal-is-tested-in-china-first/
10. RUSAL begins production of low-carbon alloys for car manufacturers [Электронный ресурс] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/rusal-begins-production-of-low-carbon-alloys-for-car-manufacturers/
11. РУСАЛ в 2025 году увеличил продажи алюминия с низким углеродным следом [Электронный ресурс] // Интерфакс. 2026. URL: https://www.interfax.ru/business/1068587
12. Пресс-релизы [Электронный ресурс] // РУСАЛ: официальный сайт. URL: https://rusal.ru/press-center/press-releases/
13. Japanese Q2 aluminum premium rises 7.9%–8.1% QoQ to $350–$353/mt CIF Japan [Электронный ресурс] // S&P Global Commodity Insights. 2026. 26 March. URL: https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/metals/032626-japanese-q2-aluminum-premium-rises-795-81-qoq-to-350-353mt-cif-japan
14. Rusal aims for more sales of low-carbon aluminum in Asia [Электронный ресурс] // Nikkei Asia. URL: https://asia.nikkei.com/spotlight/environment/rusal-aims-for-more-sales-of-low-carbon-aluminum-in-asia
15. Japan auto parts makers eye aluminium from Russia's Rusal amidst Middle East crisis [Электронный ресурс] // AlCircle. 2025. URL: https://www.alcircle.com/news/japan-auto-parts-makers-eye-aluminium-from-russias-rusal-amidst-middle-east-crisis-117586
16. По данным Reuters, «РУСАЛ» планирует перенаправить часть своего алюминия из Китая в Японию [Электронный ресурс] // Финам. 2026. 10 апр. URL: https://www.finam.ru/publications/item/po-dannym-reuters-rusal-planiruet-perenapravit-chast-svoego-alyuminiya-iz-kitaya-v-yaponiyu-20260410-1239/

17. RUSAL becomes a preferred supplier to Hyundai Sungwoo [Электронный ресурс] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/rusal-becomes-a-preferred-supplier-to-hyundai-sungwoo/

18. RUSAL and Mingtai Aluminium form partnership to produce low-carbon products [Электронный ресурс] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/rusal-and-mingtai-aluminium-form-partnership-to-produce-low-carbon-products/

19. Carbon Border Adjustment Mechanism [Электронный ресурс] // European Commission: official website. URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

20. ЕС впервые назвал цену на сертификаты для импорта продукции с высокой долей CO2 [Электронный ресурс] // DW. 2026. URL: https://www.dw.com/ru/es-vpervye-nazval-cenu-na-sertifikaty-dla-importa-produkcii-s-vysokoj-dolej-co/a-76695154

21. Carbon Border Adjustment Mechanism: Questions and Answers [Электронный ресурс] // European Commission. 2025. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_3088

The role of Siberia's hydropower potential in ensuring the export competitiveness of Russian aluminium in Asian markets

Shapovalov K.V.
PFUR

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the role of Siberia's hydropower potential in strengthening the export competitiveness of Russian aluminium in Asian and Middle Eastern markets amid the global energy transition, tightening climate regulation and the restructuring of international trade flows. Particular attention is paid to the impact of the low-carbon energy base of the Angara-Yenisei hydropower cascade on reducing indirect greenhouse gas emissions in primary aluminium production. The study demonstrates that the use of renewable hydropower provides Russian aluminium with a significant competitive advantage over aluminium produced using coal- and gas-based electricity in China, India and the Middle East. The article analyses the strategic importance of low-carbon aluminium brands such as ALLOW, ALLOW INERTA and PEFA, as well as their role in integrating Russian metal into Asian value chains in the automotive, shipbuilding, energy and high-tech sectors. Special emphasis is placed on the influence of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism on demand for aluminium with a reduced carbon footprint. The article concludes that Siberian hydropower represents not only a natural resource advantage, but also a strategic factor ensuring the long-term export resilience of the Russian aluminium industry.

Keywords: Russian aluminium, Siberian hydropower, low-carbon aluminium, export competitiveness, carbon footprint, CBAM, energy transition, renewable energy, aluminium industry.

References

1. Rusal's Low-Carbon Aluminum Sales Increased by 20% in 2025 [Electronic resource] // Metalbulletin.ru. URL: https://www.metalbulletin.ru/news/color/10188552/
2. China Unveils New Measures to Promote Green and Low-Carbon Development [Electronic resource] // The State Council of the People's Republic of China. 2025. August 25. URL: https://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202508/25/content_WS68ac6afac6d0868f4e8f50fc.html
3. Turkey Adopts Carbon Trading Amid US Tariffs, Shifting EU Climate Debates, Iran-War Linked Energy Crisis [Electronic resource] // Anadolu Agency. 2025. URL: https://www.aa.com.tr/en/greenline/green-economy/turkiye-adopts-carbon-trading-amid-us-tariffs-shifting-eu-climate-debates-iran-war-linked-energy-crisis/1829891
4. European Aluminium asks for an effective trade policy to protect the European Aluminium industry [Electronic resource] // European Aluminium. 2026. 9 Feb. URL: https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2026/02/9-02-2026-European-Aluminium-asks-for-an-effective-trade-policy-to-protect-the-European-Aluminium-industry.pdf
5. Net Zero Tracker [Electronic resource]. URL: https://zerotracker.net
6. Environmental Protection [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/sustainability/environmental-protection/
7. Greenhouse Gas Emissions: Aluminum Sector [Electronic resource] // International Aluminum Institute. URL: https://international-aluminium.org/statistics/greenhouse-gas-emissions-aluminium-sector/
8. Sustainability Reporting [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/sustainability/report/
9. Allow INERTA aluminum from RUSAL is tested in China first [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/allow-inerta-aluminium-from-rusal-is-tested-in-china-first/
10. RUSAL begins production of low-carbon alloys for car manufacturers [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/rusal-begins-production-of-low-carbon-alloys-for-car-manufacturers/
11. RUSAL increased sales of low-carbon aluminum in 2025 [Electronic resource] // Interfax. 2026. URL: https://www.interfax.ru/business/1068587
12. Press releases [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/press-center/press-releases/
13. Japanese Q2 aluminum premium rises 7.9%–8.1% QoQ to $350–$353/mt CIF Japan [Electronic resource] // S&P Global Commodity Insights. 2026. March 26. URL: https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/metals/032626-japanese-q2-aluminum-premium-rises-795-81-qoq-to-350-353mt-cif-japan
14. Rusal aims for more sales of low-carbon aluminum in Asia [Electronic resource] // Nikkei Asia. URL: https://asia.nikkei.com/spotlight/environment/rusal-aims-for-more-sales-of-low-carbon-aluminum-in-asia
15. Japan auto parts makers eye aluminum from Russia's Rusal amidst Middle East crisis [Electronic resource] // AlCircle. 2025. URL: https://www.alcircle.com/news/japan-auto-parts-makers-eye-aluminium-from-russias-rusal-amidst-middle-east-crisis-117586
16. According to Reuters, RUSAL plans to redirect some of its aluminum from China to Japan [Electronic resource] // Finam. 2026. April 10. URL: https://www.finam.ru/publications/item/po-dannym-reuters-rusal-planiruet-perenapravit-chast-svoego-alyuminiya-iz-kitaya-v-yaponiyu-20260410-1239/
17. RUSAL becomes a preferred supplier to Hyundai Sungwoo [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/rusal-becomes-a-preferred-supplier-to-hyundai-sungwoo/
18. RUSAL and Mingtai Aluminum form partnership to produce low-carbon products [Electronic resource] // RUSAL: official website. URL: https://rusal.ru/en/press-center/press-releases/rusal-and-mingtai-aluminium-form-partnership-to-produce-low-carbon-products/
19. Carbon Border Adjustment Mechanism [Electronic resource] // European Commission: official website. URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
20. The EU has announced the price of certificates for imports of products with a high share of CO2 for the first time [Electronic resource] // DW. 2026. URL: https://www.dw.com/ru/es-vpervye-nazval-cenu-na-sertifikaty-dla-importa-produkcii-s-vysokoj-dolej-co/a-76695154
21. Carbon Border Adjustment Mechanism: Questions and Answers [Electronic resource] // European Commission. 2025. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_3088

Кооперация нефтегазового сектора и авиации для преодоления вызовов при реализации программы CORSIA в России и мире

Бойко Дмитрий Сергеевич
к.э.н., ассистент кафедры стратегического управления топливно-энергетическим комплексом, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, boyko.d@gubkin.ru,

Арсеньев Никита Михайлович
студент, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», arsenevn14@gmail.com

В статье авторами рассматривается SAF (устойчивое авиационное топливо), которое имеет значительную ретроспективу и является одним из важнейших продуктов для гражданской авиации в контексте устойчивого развития. Рассмотрены основные регуляторные механизмы: EEU (единицы сокращения выбросов) и LoA (письмо-разрешение), необходимость корректировок национальных реестров, а также различные вызовы, стоящие перед связью ТЭК – авиация в краткосрочной перспективе в России и мире.
Ключевые слова: авиатопливо, авиакеросины, Устойчивое авиатопливо, SAF, нефтепереработка.

Устойчивое авиационное топливо (SAF) представляет собой жидкое топливо, применяемое в современной коммерческой авиации, с потенциальным снижением выбросов CO_2 до 80% от уровня выбросов классического авиатоплива. SAF обладает схожей с традиционным авиационным топливом углеводородной структурой, что обуславливает аналогичные характеристики выбросов при сгорании топлива в двигателях. Ключевое отличие SAF заключается в происхождении его углеводородной составляющей, которая извлекается из возобновляемых и экологически нейтральных источников. Сырье для производства SAF, на момент проведения исследования, может включать отходы пищевой промышленности (жиры, масла), твердые бытовые отходы, отходы агропромышленного и лесного комплексов, а также непищевые культуры, культивируемые на малопродуктивных землях. В отличие от ископаемого топлива, которое высвобождает ранее секвестрированный углерод, SAF функционирует в рамках углеродного цикла, перерабатывая углерод, поглощенный биомассой в течение ее жизненного цикла. Сформировавшийся многогранный подход к развитию биотоплив ставит, в настоящее время, несколько вызовов перед связью ТЭК-авиация, решение которых позволит сформировать комплексную систему межотраслевого взаимодействия в России и мире в ближайшие несколько лет, позволяющую учесть различные аспекты межотраслевого взаимодействия.

Развитие применения топлив типа SAF в авиации обладает значительной ретроспективой. Для отечественной авиации, которая является участником международных организаций, результаты, полученные другими авиаперевозчиками, также представляют важнейший материал для подготовки к использованию SAF в России. Основные события, сопутствующие внедрению SAF представлены в таблице

Таблица 1
Основные события, сопутствующие внедрению SAF.

Дата	Событие
2008	Первый тестовый полёт, выполненный Virgin Atlantic
2011-2015	За указанный период 22 авиакомпании выполнили более 2 500 рейсов с топливом типа SAF более 50% от заправленного объёма
Январь 2016	В аэропорту Осло начались постоянные заправки топливом типа SAF, через модернизированную перронную инфраструктуру
Март 2016	Авиакомпания United внедрила SAF в стандартные процедуры при выполнении регулярных рейсов из Лос-Анжелеса
Июнь 2017	На 73 конференции IATA (International Air Transport Association) была одобрена резолюция по развитию SAF
Ноябрь 2019	Зафиксировано 250 000 полётов с использованием SAF при участии 45 авиакомпаний
Июнь 2020	Число сертифицированных технологий производства SAF достигло семи
Октябрь 2021	На 77 конференции IATA принята резолюция о цели выхода мировой авиации на нулевой уровень выбросов к 2050 году
Октябрь 2022	На 41 ассамблее ICAO конкретизированы цели 2050 года
2022	За год мировое производство SAF выросло с 100 млн литров до 300 млн. литров
Июнь 2023	IATA представила дорожные карты для реализации ранее поставленных целей к 2050 году
Октябрь 2023	Разработана стратегия ЕС по использованию SAF, которая предполагала рост потребления SAF с 2% от общего потребления авиатоплив в 2025 году до 70% в 2050 году
Ноябрь 2023	ICAO поставила задачу снижения выбросов мировой авиации на 5% к 2030 году. 28 ноября Virgin Atlantik совершила первый коммерческий рейс полностью на SAF
2023	За год мировое производство SAF выросло с 300 млн литров до 600 млн. литров составив 0,2% общемирового потребления
2024	За год производство SAF достигло 1 млн тонн (1,250 млрд литров) удвоив показатели прошлого года, количество сертифицированных технологий достигло одиннадцати
2025	Ожидаемый уровень производства 1,9 млн тонн, что соответствует 0,6% общемирового потребления

Источник: составлено автором на основе [1]

По оценкам IATA применение SAF может обеспечить сокращение выбросов CO_2 на 65% к 2050 году от уровня 2020-х годов. Тем не менее для удовлетворения спроса потребуется значительное увеличение производства топлив типа SAF, которое на конец 2025 года составляет менее 1% от общего спроса на авиакеросины в мире. Наибольший рост объёмов производства ожидается на рубеже 2030 года, т.к. к данному моменту будут действовать несколько факторов:

1. окончание строительства и ввод в эксплуатацию значительных мощностей по производству SAF в мире (около 50 млн тонн);

2. усиление политической поддержки и решение правовых противоречий, сопутствующих текущему внедрении биотоплива;

3. понижение цен на SAF и повышение конкурентоспособности по сравнению с классическими авиатопливами.

В 2024 году IATA, в кооперации с транснациональными энергетическими компаниями представила дорожную карту, подразумевающую выход на нейтральность к 2050 году. Дорожная карта подразделялась на три периода: 2025 г., 2026-2030 гг. и 2031-2050 гг. Далее более подробное рассмотрение периодов.

В основе разработанной карты лежит несколько ключевых задач. В частности, одной из наиболее актуальных на момент написания работы, в виду вступления программы CORSIA в обязательную фазу с 1 января 2027 года, является оптимизация механизма внедрения Единиц Сокращения Выбросов (EEU) CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation).

С 1 января 2024 года в рамках международной программы CORSIA авиакомпании обязаны осуществлять компенсацию своих антропогенных выбросов CO_2. Прогнозируется, что реализация CORSIA приведет к сокращению выбросов CO_2 в объеме от 1,2 до 2 миллиардов тонн в период до 2035 года. Ключевым инструментом для достижения этой цели являются Единицы Сокращения Выбросов (EEU) – углеродные кредиты, соответствующие строгим критериям приемлемости, установленным Международной организацией гражданской авиации (ИКАО). Каждая EEU эквивалентна одной тонне CO_2, сокращенной в результате реализации проектов, прошедших верификацию по стандартам ИКАО.

Для обеспечения корректного учета сокращений и предотвращения двойного учета, страны-реципиенты (принимающие страны), на территории которых реализуются проекты, генерирующие EEU, обязаны выдавать Письмо-разрешение (Letter of Authorization, LoA). Данное письмо подтверждает, что соответствующие сокращения выбросов, учтенные в EEU, будут исключены из национальных (определяемых на национальном уровне) вкладов (Nationally Determined Contributions, NDC), представляемых государствами в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Парижского соглашения. Процедура LoA и последующая корректировка национальных реестров являются критически важными для обеспечения целостности системы и предотвращения искажений в отчетности.

До февраля 2024 года наблюдалось отсутствие прецедентов выдачи LoA и проведения соответствующих корректировок национальными реестрами. Это обусловлено тем, что сами EEU, соответствующие требованиям CORSIA, еще не были представлены на рынке углеродных кредитов. Данная ситуация препятствует немедленному соблюдению авиакомпаниями регуляторных требований. Более того, дефицит предложения EEU приводит к увеличению операционных издержек авиакомпаний, что потенциально может замедлить их общие усилия по декарбонизации, выходящие за рамки требований CORSIA.

Отмечается и ряд системных проблем, препятствующих эффективному внедрению механизма: недостаточная осведомленность некоторых принимающих стран о требованиях CORSIA и процедуре выдачи LoA, а также отсутствие у ряда государств необходимой институциональной и технической инфраструктуры (например, функционирующих национальных реестров NDC) для проведения требуемых корректировок.

Необходимо подчеркнуть, что процедура выдачи LoA не должна рассматриваться как источник дополнительного дохода для государств. Смешение политических целей – обеспечение соблюдения авиакомпаниями регуляторных требований и генерация доходов для не связанных с CORSIA целей – может привести к существенным искажениям в функционировании рынка и негативным последствиям. Государствам следует воздерживаться от взимания платы за выдачу LoA, поскольку это является обязательным условием для соблюдения международных норм. Также недопустимо искусственное повышение стоимости EEU, цена которых уже подвержена искажениям из-за дефицита предложения, вызванного задержками в их выходе на рынок.

Для решения данной проблемы IATA предложила следующие политические меры:

1. На национальном уровне: в краткосрочной перспективе создать и обеспечить функционирование соответствующей инфраструктуры для выдачи LoA и проведения корректировок в национальных реестрах, а также ускорить процесс вывода EEU на рынок углеродных кредитов.

2. На международном уровне: учитывая, что выдача LoA является обязательным требованием ICAO и CORSIA для обеспечения соблюдения авиакомпаниями регуляторных норм, необходимо разработать и внедрить международные механизмы поддержки стран, испытывающих трудности с созданием необходимой инфраструктуры и проведением корректировок. Это может включать техническую помощь, обмен передовым опытом и разработку стандартизированных протоколов.

При этом следует отметить, что введение реестров, соглашений и прочих цифровых и бумажных инструментов должно подкрепляться реальным производством SAF и постепенным наращиванием объёмов выпуска. При этом следует учитывать неравномерность вкладов различных географических регионов в увеличение объемов поставок устойчивого авиационного топлива (SAF) на основе имеющихся у них сырьевых ресурсов и уровня развития соответствующей промышленной инфраструктуры. Следует отметить, что потенциал, предоставляемый отраслями, связанными с производством сырья и SAF, практически повсеместно является уникальным и не имеет аналогов.

Ещё одним аспектом развития SAF являются экономико-социальные мультипликаторы развития. Так, внедрение производства SAF может быть рассмотрено как стратегический инструмент экономического развития, способный генерировать значительные социально-экономические выгоды. Эти выгоды выходят за рамки прямого создания рабочих мест в промышленности, сельском хозяйстве и смежных секторах. Они могут включать:

1. Повышение энергетической доступности и безопасности.
2. Укрепление энергетической независимости и суверенитета.
3. Стимулирование экспортного потенциала.
4. Снижение объемов отходов и их утилизация.
5. Улучшение состояния окружающей среды и восстановление экосистем.

Для успешного получения рассмотренных выше выгод содействие устойчивому развитию авиационного сектора должно быть приоритетом государственной политики, поскольку оно является ключевым фактором экономического роста, наряду с прямым вкладом авиатранспортной отрасли в экономику и общество.

Дополнительным значимым инвестиционным фактором, замедляющим текущее внедрение устойчивого биотоплива, является интеграция SAF в национальные энергетические системы. Потребность авиационного транспорта в SAF должна рассматриваться в контексте общего баланса производства и потребления возобновляемой энергии в каждой стране. Существующие и перспективные мощности по производству возобновляемого топлива должны быть адаптированы к растущему спросу на SAF. В том числе следует учитывать, что нефтеперерабатывающие заводы характеризуются широкой номенклатурой выпуска, где производство авиационного топлива конкурирует с другими дистиллятами, такими как дизельное топливо, за долю в общем объеме выпуска. Государственная политика может быть направлена на оптимизацию производственных процессов на нефтеперерабатывающих заводах в пользу увеличения доли SAF.

В качестве примера международными организациями предлагаются меры государственной политики для стимулирования производства и использования SAF:

1. Налоговые стимулы для производителей и блендеров SAF: Введение налоговых льгот (tax credits) может нивелировать экономические недостатки производства SAF на биоперерабатывающих предприятиях. Размер налоговых льгот для SAF должен быть установлен на уровне, превышающем аналогичные льготы для дизельного топлива, произведенного из возобновляемых источников.

2. Механизмы гарантирования доходов: Внедрение механизмов гарантирования доходов (revenue certainty mechanisms) обеспечивает производителям SAF определенную степень предсказуемости ценообразования, что повышает инвестиционную привлекательность и увеличивает вероятность привлечения необходимого капитала.

3. Упрощение нормативно-правовых требований для совместной переработки SAF: Возможность совместной переработки биомасел с нефтяным сырьем на существующих нефтеперерабатывающих заводах (co-processing) позволит немедленно увеличить объемы производства SAF. Данный процесс требует минимальных или отсутствующих капитальных затрат на большинстве существующих нефтеперерабатывающих мощностей. Необходимо разработать политику, способствующую стандартизации учета экологических характеристик совместно перерабатываемого топлива без введения дополнительных требований к тестированию.

4. Отсутствие ограничений для технологии HEFA в соответствии с требованиями SAF: Признавая необходимость диверсификации... (далее текст обрывается, но подразумевается, что речь идет о поддержке конкретных, научно обоснованных технологий производства SAF, таких как гидроочистка эфиров и жирных кислот (HEFA), и снятии необоснованных ограничений на их применение).

Для Российской Федерации озвученные предложения являются материалом для дальнейших исследований, в виду отсутствия серийного производства топлива типа SAF на её территории. На момент написания работы только закончены стендовые испытания лабораторных образцов,

поэтому проблематика реального освоения производства SAF и строительство соответствующей инфраструктуры является первоочередной задачей для российской энергетики при взаимодействии с авиаотраслью. При этом решение данной задачи должно происходить в краткосрочной перспективе при комплексном подходе, учитывающем все экономические, юридические, международные, технические и прочие аспекты, которые будут сопутствовать функционированию связи ТЭК-авиация ближайшие несколько десятилетий

Рассмотрев развитие и перспективы применения устойчивого авиационного топлива (SAF) в мировой и отечественной авиации, а также связанные с этим вызовы и возможности можно сделать следующие выводы:

1. Применение SAF в авиации, на момент написания работы, имеет значительную историю развития, начиная с первых тестовых полетов в 2008 году и постепенно наращивая объемы и количество рейсов с его использованием. Международные организации, такие как IATA и ICAO, активно продвигают цели по снижению выбросов и достижению углеродной нейтральности к 2050 году, где SAF играет ключевую роль.

2. Мировое производство SAF демонстрирует экспоненциальный рост, удваиваясь ежегодно в последние годы. Однако, несмотря на этот рост, оно остается незначительным по сравнению с общим потреблением авиатоплива (менее 1% к концу 2025 года). Ожидается существенное увеличение объемов производства к 2030 году благодаря строительству новых мощностей, усилению политической поддержки и снижению цен.

3. Международная программа CORSIA обязывает авиакомпании компенсировать свои выбросы CO_2 с 2024 года, а с 2027 года вступает в обязательную фазу. Ключевым инструментом являются Единицы Сокращения Выбросов (EEU), которые представляют собой углеродные кредиты. Однако, существуют системные проблемы с их внедрением, включая отсутствие необходимой инфраструктуры в некоторых странах, задержки с выводом EEU на рынок и потенциальные искажения из-за политических мотивов.

4. Внедрение производства SAF рассматривается некоторыми странами как стратегический инструмент экономического развития, способный принести значительные выгоды, такие как повышение энергетической доступности и безопасности, укрепление энергетической независимости, стимулирование экспорта, снижение объемов отходов и улучшение состояния окружающей среды.

5. Успешное внедрение SAF требует интеграции в национальные энергетические системы и адаптации производственных мощностей. Государственная политика играет решающую роль в стимулировании производства и использования SAF через налоговые стимулы, механизмы гарантирования доходов, упрощение нормативно-правовых требований и поддержку конкретных технологий.

6. Для России, где серийное производство SAF пока отсутствует, освоение его производства и строительство соответствующей инфраструктуры является первоочередной задачей. Это требует комплексного подхода, учитывающего все экономические, юридические, международные и технические аспекты взаимодействия топливно-энергетического комплекса и авиаотрасли. Изучение международного опыта и результатов других авиаперевозчиков является важным для подготовки к внедрению SAF в России.

Следует отметить, что SAF является критически важным элементом для достижения целей по декарбонизации авиации, но его широкое внедрение требует значительных усилий на всех уровнях – от международного сотрудничества и государственной политики до технологического развития и инвестиций.

Литература

1. Net zero 2050: sustainable aviation fuels (SAF)/ IATA. – 2025. – URL: https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-sustainable-aviation-fuels/ (дата обращения 15.05.2026)
2. Policy Net Zero CO2 Emissions Roadmap/ IATA. – 2025. – URL: https://www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/policy-net-zero-roadmap.pdf (дата обращения 15.05.2026)
3. IATA ANNUAL REVIEW 2025/ IATA. – 2026. – URL: https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2025.pdf (дата обращения 15.05.2026)
4. Production of sustainable aviation fuel: Influence of feedstock and plant capacity on fuel price / P. Guilloteau, N. Groll, A. D. Jensen, G. Sin // International Journal of Hydrogen Energy. – 2025. – Vol. 157. – P. 150494. – DOI 10.1016/j.ijhydene.2025.150494. – EDN QEVTPL.
5. From CO2 emissions to jet fuel: Analysis of potential sustainable aviation fuel supply chains in Europe / M. Ten Cate, M. Dienstknecht, E. Ursavas [et al.] // Applied Energy. – 2025. – Vol. 396. – P. 126131. – DOI 10.1016/j.apenergy.2025.126131. – EDN PZQKTD.
6. Uy, J. G. Multi-objective optimization of airline fuel loading problem considering sustainable aviation fuel and book-and-claim / J. G. Uy, Ja. L. San Juan // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 482. – P. 144241. – DOI 10.1016/j.jclepro.2024.144241. – EDN JLSVSP.
7. The impact of sustainable aviation fuel quota mandates on the optimal on-airport fuel facility ownership / S. Xia, H. Ma, R. Hu [et al.] // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2025. – Vol. 200. – P. 104667. – DOI 10.1016/j.tra.2025.104667. – EDN ARHQUF.
8. Sustainable aviation fuel: Pathways to fully formulated synthetic jet fuel via Fischer–Tropsch synthesis / A. De Klerk, G. Chauhan, C. Halmenschlager [et al.] // Energy Science & Engineering. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 394-409. – DOI 10.1002/ese3.1379. – EDN NMODOS.
9. Ng, K. S. Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production / K. S. Ng, D. Farooq, A. Yang // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 150. – P. 111502. – DOI 10.1016/j.rser.2021.111502. – EDN VEZWKM.
10. Сырьевая база России при переходе к производству отечественного биокеросина / В. О. Давыдов, П. А. Коровченко, М. А. Заикин [и др.] // Нефтегазохимия. – 2024. – № 2. – С. 5-8. – DOI 10.24412/2310-8266-2024-2-5-8. – EDN GIXAQJ.

Cooperation between the oil and gas sector and aviation to overcome challenges in the implementation of the CORSIA program in Russia and the world

Boiko D.S., Arsenyev N.M.

National University of Oil and Gas «Gubkin University, Gubkin University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

In the article, the authors consider SAF (sustainable aviation fuel), which has a significant retrospective and is one of the most important products for civil aviation in the context of sustainable development. The main regulatory mechanisms are considered: EEU (emission reduction units) and LoA (letter of approval), the need for adjustments to national registries, as well as various challenges facing the fuel and energy complex - aviation connection in the short term in Russia and the world.

Keywords: jet fuel, jet fuel, Sustainable jet fuel, SAF, oil refining.

References

1. Net zero 2050: sustainable aviation fuels (SAF)/ IATA. – 2025. – URL: https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-sustainable-aviation-fuels / (accessed on 15`.05`.2026)
2. Policy Net Zero CO2 Emissions Roadmap/ IATA. – 2025. – URL: https://www.iata.org/contentassets/8d19e716636a47c184e7221c77563c93/policy-net-zero-roadmap.pdf (accessed on 15`.05`.2026)
3. IATA ANNUAL REVIEW 2025/ IATA. – 2026. – URL: https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2025.pdf (accessed on 15`.05`.2026)
4. Production of sustainable aviation fuel: Influence of feedstock and plant capacity on fuel price / P. Guilloteau, N. Groll, A. D. Jensen, G. Sin // International Journal of Hydrogen Energy. – 2025. – Vol. 157. – P. 150494. – DOI 10.1016/j.ijhydene.2025.150494. – EDN QEVTPL.
5. From CO2 emissions to jet fuel: Analysis of potential sustainable aviation fuel supply chains in Europe / M. Ten Cate, M. Dienstknecht, E. Ursavas [et al.] // Applied Energy. – 2025. – Vol. 396. – P. 126131. – DOI 10.1016/j.apenergy.2025.126131. – EDN PZQKTD.
6. Uy, J. G. Multi-objective optimization of airline fuel loading problem considering sustainable aviation fuel and book-and-claim / J. G. Uy, Ja. L. San Juan // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 482. – P. 144241. – DOI 10.1016/j.jclepro.2024.144241. – EDN JLSVSP.
7. The impact of sustainable aviation fuel quota mandates on the optimal on-airport fuel facility ownership / S. Xia, H. Ma, R. Hu [et al.] // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2025. – Vol. 200. – P. 104667. – DOI 10.1016/j.tra.2025.104667. – EDN ARHQUF.
8. Sustainable aviation fuel: Pathways to fully formulated synthetic jet fuel via Fischer–Tropsch synthesis / A. De Klerk, G. Chauhan, C. Halmenschlager [et al.] // Energy Science & Engineering. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 394-409. – DOI 10.1002/ese3.1379. – EDN NMODOS.
9. Ng, K. S. Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production / K. S. Ng, D. Farooq, A. Yang // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 150. – P. 111502. – DOI 10.1016/j.rser.2021.111502. – EDN VEZWKM.
10. The raw material base of Russia during the transition to the production of domestic biokerosene / V. O. Davydov, P. A. Korovchenko, M. A. Zaikin [et al.] // Neftegazochemistry. – 2024. – No. 2. - pp. 5-8. – DOI 10.24412/2310-8266-2024-2-5-8. – EDN GIXAQJ.

Технологический суверенитет как условие устойчивого развития нефтяной отрасли Восточной Сибири

Крайнова Элеонора Алексеевна
доктор экономических наук, профессор кафедры стратегического управления топливно-энергетическим комплексом, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, krainovaea@yandex.ru,

Яновская Вероника Анатольевна
аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, nikayanov1702@yandex.ru

Применительно к нефтяной отрасли технологический суверенитет не может рассматриваться исключительно как импортозамещение или отказ от зарубежных поставщиков. Речь идёт о формировании национального контроля над ключевыми технологическими направлениями (нефтесервис, специализированное программное обеспечение, стандартизацию, инфраструктуру для проведения испытаний и сервисное обслуживание оборудования). На основе анализа современного состояния российской нефтяной отрасли определены наиболее уязвимые сегменты, связанные с высокотехнологичными сервисами, цифровыми решениями и отдельными видами оборудования, необходимыми для работы в сложных условиях добычи. Особое внимание уделено Восточной Сибири как стратегически значимому нефтяному макрорегиону, в котором набор условий (удалённость месторождений, инфраструктурные ограничения, сложные природно-климатические условия) усиливают риски технологической зависимости и снижения степени суверенитета. Также в статье рассмотрены международные подходы к обеспечению технологического суверенитета и предложены основные направления его укрепления в российской нефтяной отрасли.

Ключевые слова: Технологический суверенитет, нефтяная отрасль, Восточная Сибирь, импортозамещение, нефтесервис, цифровизация, локализация, стандартизация, устойчивое развитие, технологическая зависимость.

Вопрос технологического суверенитета в нефтяной отрасли в настоящее время приобрёл особую значимость: речь идёт уже не только о повышении конкурентоспособности или снижении издержек, но и о способности поддерживать добычу и переработку в условиях ограниченного доступа к оборудованию, инженерным услугам, программному обеспечению и высокотехнологичным сервисам мирового уровня. В российской повестке технологическое развитие прямо увязывается с необходимостью реагировать на «ограничения и риски, связанные с санкционным давлением», а также с задачами обеспечения устойчивого функционирования производственных систем, внедрения наилучших доступных технологий и повышения ресурсной эффективности [1].

Санкционные и геополитические факторы воздействуют на отрасль через наиболее уязвимые звенья технологической цепочки, где зависимость от внешних поставщиков сохраняет критический характер. Речь идёт прежде всего о высокотехнологичных сервисах, специализированном программном обеспечении и части оборудования для добычи в сложных условиях. Европейские правовые акты 2022 года закрепили ограничения на поставку отдельных товаров, технологий и связанных с ними услуг для нефтепереработки и добычи [2].

В этих условиях Восточная Сибирь выступает как стратегический нефтяной макрорегион. Регион встроен в экспортно-транспортную инфраструктуру восточного направления: трубопроводная система ВСТО обеспечивает подачу нефти месторождений Восточной Сибири на российские нефтеперерабатывающие заводы, а также на экспорт в Китай и страны Азиатско-Тихоокеанского региона через терминальную инфраструктуру Дальнего Востока [3]. Кроме того, в условиях переориентации экспортных потоков именно здесь недостаток критически важных технологий быстрее трансформируется в рост капитальных и операционных затрат вследствие удалённости месторождений, сложных природно-климатических условий и ограниченности инфраструктуры [4].

Цель исследования состоит в обосновании того, что технологический суверенитет является ключевым условием устойчивого развития нефтяной отрасли Восточной Сибири.

Теоретические основы технологического суверенитета в нефтяной промышленности

Понятие технологического суверенитета в прикладном отраслевом смысле целесообразно трактовать не как полную хозяйственную замкнутость, а как способность экономики и компаний сохранять управляемость критически важными технологическими контурами: от НИОКР и проектирования до производства ключевых компонентов, их сертификации, эксплуатации и модернизации. В российской «Концепции технологического развития до 2030 года» содержатся положения, важные для разграничения близких понятий. Одновременно фиксируется различие между локализацией, при которой управление развитием технологий в той или иной степени сохраняется за пределами страны, и критическими технологиями, имеющими системное значение для национальной экономики [1].

Следовательно, технологический суверенитет в нефтяной промышленности не сводится к замене одних внешних поставщиков другими. Он достигается тогда, когда критические компетенции находятся под национальным контролем, а отрасль располагает собственной школой проектирования, испытаний, стандартизации и серийного производства по ключевым технологическим позициям [5].

Роль технологической независимости в сырьевых отраслях нередко недооценивается вследствие представления о том, что наличие запасов само по себе гарантирует устойчивую добычу. Между тем мировая практика показывает, что сложность запасов, ужесточение экологических требований, дефицит квалифицированных кадров и капитала, а также санкционные и регуляторные барьеры превращают технологии в ключевой фактор, определяющий как извлекаемость, так и себестоимость ресурсов.

Мировой опыт обеспечения технологического суверенитета в нефтегазовой сфере в большинстве случаев строился по сходной логике: государство формирует долгосрочные правила развития и создаёт устойчивый спрос на технологии через лицензирование, стандарты, требования к локализации, налоговые стимулы и государственные закупки, а компании и научно-инженерный сектор создают воспроизводимую систему компетенций. Наиболее показательными для целей настоящего исследования являются две модели.

В Норвегии ключевая ставка была сделана на системную политику в сфере НИОКР и формирование конкурентоспособной сервисно-поставочной индустрии [6]. Официальный отраслевой портал, который ведётся совместно профильным министерством и регулятором, подчёркивает, что исследования и технологическое развитие были критически важны для успешного освоения ресурсов на норвежском шельфе и продолжают оставаться основой управления ресурсной базой по мере роста доли остаточных ресурсов [7].

В Саудовской Аравии ключевым инструментом стало обеспечение национального контроля над цепочками поставок через программу локализации и развитие национального промышленного периметра вокруг системообразующей компании-заказчика. «Saudi Aramco» [8] в 2026 году публично сообщала о достижении уровня 70 процентов по показателю внутристрановой добавленной стоимости IKTVA, рассматривая это как результат последовательного развития локализации производства, а не отдельных разовых проектов [9].

Из сопоставления этих моделей следует, что технологического суверенитета в нефтегазовой сфере добивались те страны, которые одновременно обеспечивали развитие по четырём ключевым направлениям: долгосрочная политика в сфере НИОКР; стандартизация и сертификация как основа независимости от внешних испытательных и нормативных систем; промышленная кооперация и локализационные требования, встроенные в закупочную политику; подготовка инженерных кадров и развитие сервисных компаний как носителей компетенций [7].

Анализ технологического уровня нефтяной отрасли России и Восточной Сибири

Оценка технологической зависимости российской нефтяной отрасли требует разграничения усреднённых отраслевых показателей и критических сегментов, в которых импортозависимость остаётся крайне высокой, а санкционные ограничения непосредственно трансформируются в риски для добычи. По официальным заявлениям промышленного блока Правительства Российской Федерации, доля отечественного оборудования в нефтегазовом машиностроении увеличилась с 43 процентов в 2014 году до 65 процентов по итогам 2023 года, а на 2024 год прогнозировался рост до 70 процентов. Достижение этих значений связывалось с государственной поддержкой производителей в объёме около 60 млрд руб. с 2015 года и выводом на рынок более 160 импортозамещающих решений [10]. Эти показатели имеют значение как свидетельство структурных изменений, однако не исключают наличия серьёзных технологических дефицитов в высокотехнологичных сервисах и специализированном программном обеспечении.

Наиболее уязвимым звеном остаётся нефтесервис, где зависимость проявляется прежде всего в доступе к сложным услугам, специализированному оборудованию и программному обеспечению. В отраслевой аналитике 2024–2025 годов к наиболее чувствительным направлениям отнесены роторно-управляемые системы, шельфовое бурение, специализированное программное обеспечение для геологоразведки, системы измерения параметров скважины и каротаж в процессе бурения [11]. Это подтверждает, что даже при росте совокупных показателей импортозамещения технологический суверенитет российской нефтяной отрасли остаётся частичным и неравномерным [12]. По оценкам отраслевых руководителей, зависимость от зарубежного специализированного программного обеспечения в нефтесервисе достигает 70 процентов, что делает импортонезависимые решения в моделировании, геонавигации, анализе данных и планировании бурения одним из ключевых условий технологического суверенитета [13].

Санкционные ограничения усиливают риски не только через прямые запреты на поставку оборудования, но и через ограничения на передачу технологий и оказание услуг. Характерным примером является ситуация с крупнейшими международными сервисными компаниями: «SLB» публично заявляла о прекращении поставок продукции и технологий в Россию со стороны своих глобальных подразделений, что стало развитием ранее введённых ограничений в отдельных юрисдикциях [14].

На этом фоне Восточная Сибирь занимает двойственное положение. С одной стороны, это один из ключевых регионов восточного направления добычи и экспорта нефти. С другой стороны, это территория, на которой технологические и инфраструктурные издержки существенно выше, а значит зависимость от критически важных технологий проявляется быстрее и ведёт к более значительным экономическим последствиям. Даже при определении границ региона сохраняется методологическая неоднородность. В ряде публичных материалов под Восточной Сибирью как нефтегазодобывающим регионом понимаются преимущественно месторождения Иркутской области и юга Красноярского края, при отнесении севера Красноярского края к Арктике, а Якутии – к Дальнему Востоку. Для этой территории приводятся оценки текущей добычи на уровне около 19 млн т нефти с конденсатом и прогноз достижения пика примерно 35 млн т к 2037 году. Подобная аргументация сопровождается указанием на высокую стоимость освоения вследствие дефицита инфраструктуры и сложных природно-климатических условий [4]. Для научного анализа и практики государственного управления принципиально важно чётко определить границы рассматриваемого региона, поскольку от этого зависят базовые показатели устойчивости, инвестиционные потребности и технологические приоритеты.

Стратегическое значение Восточной Сибири усиливается благодаря инфраструктуре вывоза нефти в восточном направлении. «Транснефть» [15] в 2025 году сообщала, что система ВСТО обеспечивает транспортировку нефти с месторождений Восточной Сибири на нефтеперерабатывающие заводы и на экспорт в Китай и страны Азиатско-Тихоокеанского региона через портовый узел. Отмечалось, что на участке Тайшет – Сковородино нефтепровод выведен на максимальную проектную мощность 80 млн т в год, а на участке Сковородино – Козьмино – более 50 млн т в год [3].

На примере отдельных проектов Восточной Сибири можно проследить несколько технологических направлений, которые могут повышать уровень технологического суверенитета отрасли.

Во-первых, интересно рассмотреть опыт уплотняющего бурения и реализации программ, направленных на повышение эффективности добычи на зрелых и развивающихся активах. Так, на Верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении программа уплотняющего бурения, реализуемая с 2019 года, обеспечила значительный прирост добычи и ввод в эксплуатацию дополнительных скважин (более 2,6 млн т дополнительной добычи за пять лет и 117 дополнительных скважин) [16]. Этот пример показывает, что устойчивость добычи может поддерживаться за счёт технологических решений, внедряемых в рамках уже действующих активов.

Во-вторых, существенную роль в повышении суверенитета может сыграть обеспечение энергетической автономности объектов в сочетании с повышением экологической эффективности производства. Так, на Юрубчено-Тохомском месторождении в 2023 году была введена автономная энергоустановка мощностью 36 МВт, работающая на попутном нефтяном газе [15]. Данный пример показывает, что развитие локальных систем энергоснабжения позволяет одновременно решать производственные и экологические задачи, снижая нагрузку на инфраструктуру и повышая степень рационального использования вторичных ресурсов.

Перечень критических технологий для Восточной Сибири определяется не только геологическими особенностями, включая рифей-вендкембрийские комплексы, сложную блоковую тектонику и двойную порово-трещинную среду, но и инфраструктурными и климатическими условиями. Поэтому технологический суверенитет в данном случае означает не полный выпуск всех видов оборудования внутри страны, а способность обеспечивать полный цикл устойчивого освоения запасов: от высокоточной разведки до надёжной эксплуатации фонда скважин и экологически приемлемых решений в сфере энергоснабжения и утилизации попутного нефтяного газа [4].

Направления обеспечения технологического суверенитета нефтяной отрасли Восточной Сибири

Перспектива повышения уровня технологического суверенитета российской нефтяной отрасли, включая Восточную Сибирь, в 2026–2030 годах сохраняется, однако её реализация требует поэтапного решения задачи. Ключевой риск для качества промышленной политики заключается в подмене технологического суверенитета простой сменой внешних поставщиков. В этой связи для Восточной Сибири технологический суверенитет целесообразно рассматривать как достижение минимально необходимой автономности по критическим технологиям добычи и подготовки нефти к транспортировке, по инженерным и цифровым системам управления, а также по стандартам и испытательной базе оборудования.

Первое направление связано с развитием отечественных технологий добычи и нефтесервисных компетенций как основного ядра технологического суверенитета. По данным отраслевых публикаций, наиболее критичными остаются роторно-управляемые системы, измерение параметров и каротаж в процессе бурения, специализированное программное обеспечение для геологоразведки, а также ряд шельфовых технологий. Именно эти сегменты должны рассматриваться как приоритетные для НИОКР, опытной апробации, серийного производства и последующего масштабирования на фонде скважин. Государственная политика в 2023–2026 годах в целом движется в данном направлении: отмечалось, что доля отечественного оборудования в нефтегазовом машиностроении увеличилась с 43 процентов в 2014 году до 65 процентов в 2023 году при значительной государственной поддержке производителей и выводе на

рынок более 160 решений [10]. Однако для Восточной Сибири принципиальное значение имеет не столько средний показатель, сколько наличие отечественных комплексных технологических решений, адаптированных к конкретным геолого-климатическим условиям, а также возможность их устойчивого сервисного сопровождения в удалённых районах.

Второе направление предполагает локализацию оборудования и создание восточносибирской опорной промышленно-сервисной инфраструктуры. Локализация должна быть организована таким образом, чтобы снижать совокупные издержки, связанные с использованием оборудования и технологий именно в восточных регионах. В условиях протяжённой логистики решающим фактором нередко становится наличие сервисных баз, ремонтных мощностей, складов запасных частей, испытательных стендов и системы подготовки персонала. Формирование производственно-сервисного кластера, объединяющего добычу, сервис, ремонт, энергоснабжение и логистику, выступает не просто инструментом регионального развития, а необходимым условием устойчивости [4]. Практика программ уплотняющего бурения на Верхнечонском месторождении показывает, что даже без радикального изменения ресурсной базы устойчивость добычи может поддерживаться за счёт технологических решений и эффективной организационной модели, включающей планирование, бурение и ввод скважин.

Третье направление связано со стандартизацией и развитием испытательной базы как базовой основы технологического суверенитета. В мировой практике стандарты и сертификация выступают механизмом тиражирования технологий и снижения барьеров между заказчиком и поставщиком. В российской повестке 2024–2026 годов заметно возросло значение отраслевой стандартизации: ИНТИ [5] позиционируется как площадка, объединяющая компании для разработки отраслевых стандартов и системы оценки соответствия. Развитие таких стандартов имеет значение не только для внутреннего рынка, но и для расширения возможностей для экспорта российских технологий и оборудования (за счёт признания стандартов в дружественных странах и допуска к участию в тендерных процедурах) [17]. Внутри страны стандартизация непосредственно связана с развитием обратного проектирования и воспроизводством критически важных компонентов. В 2024 году подчёркивалось, что одним из ключевых направлений импортозамещения должно стать именно обратное проектирование, а также подготовка отраслевого регламента, ориентированного на проекты ТЭК [18]. Для Восточной Сибири это особенно актуально ввиду высокой стоимости простоев и сохраняющейся зависимости от запасных частей для импортного оборудования.

Четвёртое направление предполагает цифровизацию нефтедобычи при одновременном обеспечении технологической независимости цифрового контура. Цифровые платформы, искусственный интеллект и цифровые двойники обеспечивают быстрый эффект в повышении эффективности бурения, оптимизации разработки месторождений, предиктивном обслуживании и снижении непроизводительных потерь, что особенно важно для устойчивости добычи в труднодоступных районах. Однако технологический суверенитет в этой сфере означает, что критически важные компоненты цифрового контура, включая специализированное программное обеспечение, модели, вычислительную инфраструктуру, системы кибербезопасности, права на программный код и алгоритмы, а также хранение и управление данными, не должны находиться вне национального контроля. В противном случае цифровизация способна не уменьшить, а усилить зависимость.

Пятое направление связано с инвестициями в технологическое развитие и настройкой инструментов поддержки под длительные циклы разработки и освоения нефтегазовых технологий. По состоянию на 2024 год на официальном уровне признавалась значимость устойчивого финансирования импортозамещения: упоминались десятки миллиардов рублей государственной поддержки, предоставленной с 2015 года [10]. В 2026 году в деловой прессе сообщалось о планах направить 15 млрд руб. бюджетных средств в 2026–2028 годах на поддержку импортозамещения технологий в нефтедобыче со ссылкой на протокол заседания координационного совета и поручения финансово-промышленному блоку правительства [19].

Шестое направление предполагает международную кооперацию, ориентированную на совместную разработку и локализацию с передачей компетенций, а не на замещение одного импорта другим. В условиях санкционных ограничений возможности технологического сотрудничества существенно сужены, однако полностью не исчезают. Вместе с тем именно применительно к Восточной Сибири устойчивость требует, чтобы критически важные технологии добычи и бурения могли воспроизводиться внутри России. В противном случае любые изменения внешней регуляторной среды, логистики или финансовых каналов снова будут негативно влиять на себестоимость и сроки реализации проектов.

В совокупности можно сформулировать объяснение того, почему российская нефтяная отрасль сохраняет технологическую импортозависимость, несмотря на достигнутый прогресс. В 1990-е и 2000-е годы модель развития добычи во многом основывалась на закупке импортного оборудования и услугах крупных международных сервисных компаний, что представлялось рациональным при освоении новых классов запасов и дефиците собственных сервисных решений. Разрыв кооперационных цепочек после распада СССР и необходимость быстрого достижения мирового технологического уровня дополнительно закрепили эту зависимость [20]. Критические сегменты опираются на компетенции в области электроники, материаловедения, прецизионного машиностроения и программного обеспечения. Отраслевые комментарии прямо указывают, что обеспечение производства электроникой остаётся проблемным, поскольку она во многих случаях не производится в Российской Федерации, а по отдельным позициям закупка в Китае с учётом логистики оказывается экономически выгоднее, чем приобретение внутри страны. Это означает, что стимулы локализации не формируются автоматически.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что технологический суверенитет представляет собой практическое условие устойчивого развития нефтяной отрасли Восточной Сибири. Именно в этом макрорегионе геологическая специфика, суровые природно-климатические условия и инфраструктурная удалённость усиливают последствия технологических разрывов и повышают цену зависимости от внешних поставщиков.

Несмотря на рост доли отечественного оборудования в нефтегазовом машиностроении, сохраняется критическая импортозависимость в высокотехнологичных сервисах, специализированном программном обеспечении и отдельных сегментах оборудования. В этих условиях устойчивое развитие нефтяной отрасли Восточной Сибири определяется не только наличием ресурсной базы и экспортной инфраструктуры, но и способностью государства и компаний обеспечить воспроизводство критических технологий, сервисных компетенций и цифровых решений внутри национальной экономики

Литература

1. Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р. URL: https://nti2035.ru/upload (дата обращения: 15.03.2026).
2. Council Regulation EU 2022/328 of 25 February 2022 amending Regulation EU No 833/2014 concerning restrictive measures in view of Russia's actions destabilising the situation in Ukraine [Электронный ресурс]. – URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32022R0328 (дата обращения: 15.03.2026).
3. «Транснефть» на год раньше завершила расширение нефтепровода в направлении порта Приморск [Электронный ресурс] // «Интерфакс». – URL: https://www.interfax.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).
4. В 2037 году в Восточной Сибири планируют добывать 35 млн тонн нефти [Электронный ресурс] // АНГИ. – URL: https://www.angi.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).
5. Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра : постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2023 г. № 603 : в ред. от 2 декабря 2023 г. URL: https://ekonom73.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).
6. Экономический эффект «Таас-Юрях Нефтегазодобыча» от внедрения инноваций превысил 2,3 млрд рублей [Электронный ресурс] // «Роснефть». – URL: https://www.rosneft.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).
7. Petroleum related research and development [Электронный ресурс] // Norwegianpetroleum.no. – URL: https://www.norskpetroleum.no/ (дата обращения: 15.03.2026).
8. Oman ready to cooperate on projects in oil and gas sector with Russia – ministry [Электронный ресурс] // TASS. – URL: https://tass.com/ (дата обращения: 15.03.2026).

9. In-Kingdom Total Value Add [Электронный ресурс] // Aramco. – URL: https://www.aramco.com/ (дата обращения: 15.03.2026).

10. Минпромторг ожидает роста доли российского нефтегазового оборудования в 2024 году до 70% [Электронный ресурс] // ТАСС. – URL: https://tass.ru/ekonomika/ (дата обращения: 15.03.2026).

11. Через тернии к нефти [Электронный ресурс] // «Коммерсантъ». – URL: https://www.kommersant.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).

12. Перспективы развития нефтесервисной отрасли в России до 2030 г. [Электронный ресурс] // «Яков и Партнёры». – URL: https://yakovpartners.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).

13. Нефтесервис уходит в импортозамещение [Электронный ресурс] // «Ведомости». – URL: https://www.vedomosti.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).

14. FAQs for SLB in Russia [Электронный ресурс] // SLB. – URL: https://www.slb.com/ (дата обращения: 15.03.2026).

15. На Юрубчено-Тохомском месторождении «Роснефти» добыто уже 20 млн тонн нефти [Электронный ресурс] // Nangs.org. – URL: https://nangs.org/ (дата обращения: 15.03.2026).

16. «Верхнечонскнефтегаз» получил более 2,6 млн тонн нефти от реализации программы уплотняющего бурения [Электронный ресурс] // Федеральное агентство по недропользованию. – URL: https://rosnedra.gov.ru (дата обращения: 15.03.2026).

17. Институт нефтегазовых технологических инициатив [Электронный ресурс]. – URL: https://inti.expert/ (дата обращения: 15.03.2026).

18. Переосмысление нефтяных запасов искусственным интеллектом. Обзор [Электронный ресурс] // «Интерфакс». – URL: https://www.interfax.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).

19. Крюков В. А., Токарев А. Н., Дубовицкая Е. А. Развитие добычи «высокотехнологичного» газа: в основе новые знания, современные технологии и гибкие процедуры индикативного планирования // Нефтяное хозяйство. – 2025. – № 4. – С. 10–16.

20. Надежность. Качество. Причастность [Электронный ресурс] // «ТЭК России». – URL: https://www.cdu.ru/ (дата обращения: 15.03.2026).

Technological Sovereignty as a Condition for Sustainable Development of the Eastern Siberia Oil Industry

Krainova E.A., Yanovskaya V.A.
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

In relation to the oil industry, technological sovereignty cannot be considered solely as import substitution or rejection of foreign suppliers. We are talking about the formation of national control over key technological areas (oilfield services, specialized software, standardization, infrastructure for testing and equipment maintenance). Based on the analysis of the current state of the Russian oil industry, the most vulnerable segments associated with high-tech services, digital solutions and certain types of equipment necessary for operation in difficult production conditions have been identified. Special attention is paid to Eastern Siberia as a strategically important oil macroregion, in which a set of conditions (remoteness of deposits, infrastructural constraints, difficult climatic conditions) increase the risks of technological dependence and a decrease in the degree of sovereignty. The article also examines international approaches to ensuring technological sovereignty and suggests the main directions for its strengthening in the Russian oil industry.

Keywords*:* Technological sovereignty, oil industry, Eastern Siberia, import substitution, oilfield services, digitalization, localization, standardization, sustainable development, technological dependence.

References

1. Government of the Russian Federation. On Approval of the Concept of Technological Development for the Period up to 2030: Order of the Government of the Russian Federation dated May 20, 2023 No. 1315-r. – URL: https://nti2035.ru/upload (accessed: 15.03.2026).
2. Council Regulation EU 2022/328 of 25 February 2022 amending Regulation EU No 833/2014 concerning restrictive measures in view of Russia's actions destabilising the situation in Ukraine. – URL: https://eur-lex.europa.eu/ (accessed: 15.03.2026).
3. Interfax. Transneft completed expansion of the oil pipeline toward the Port of Primorsk one year ahead of schedule. – URL: https://www.interfax.ru/ (accessed: 15.03.2026).
4. ANGI. Oil production in Eastern Siberia is planned to reach 35 million tons in 2037. – URL: https://www.angi.ru/ (accessed: 15.03.2026).
5. Government of the Russian Federation. On Approval of Priority Areas for Technological Sovereignty Projects and Projects of Structural Adaptation of the Economy of the Russian Federation, and of the Regulation on the Conditions for Classifying Projects as Technological Sovereignty Projects and Projects of Structural Adaptation of the Economy of the Russian Federation, on Submission of Information on Such Projects and Maintaining the Register : Resolution of the Government of the Russian Federation dated April 15, 2023 No. 603, as amended on December 2, 2023. – URL: https://ekonom73.ru/ (accessed: 15.03.2026).
6. Rosneft. The economic effect of innovation implementation at Taas-Yuryakh Neftegazodobycha exceeded 2.3 billion rubles. – URL: https://www.rosneft.ru (accessed: 15.03.2026).
7. Norwegian Petroleum. Petroleum related research and development. – URL: https://www.norskpetroleum.no/ (accessed: 15.03.2026).
8. TASS. Oman ready to cooperate on projects in oil and gas sector with Russia – ministry. – URL: https://tass.com/ (accessed: 15.03.2026).
9. Aramco. In-Kingdom Total Value Add. – URL: https://www.aramco.com/ (accessed: 15.03.2026).
10. TASS. Minpromtorg expects the share of Russian oil and gas equipment to increase to 70% in 2024. – URL: https://tass.ru/ekonomika/ (accessed: 15.03.2026).
11. Kommersant. Through hardships to oil. – URL: https://www.kommersant.ru/ (accessed: 15.03.2026).
12. Yakov i Partnery. Prospects for the development of the oilfield services industry in Russia up to 2030. – URL: https://yakovpartners.ru/ (accessed: 15.03.2026).
13. Vedomosti. The oilfield service sector is moving toward import substitution. – URL: https://www.vedomosti.ru/ (accessed: 15.03.2026).
14. SLB. FAQs for SLB in Russia. – URL: https://www.slb.com/ (accessed: 15.03.2026).
15. Nangs.org. 20 million tons of oil have already been produced at Rosneft's Yurubcheno-Tokhomskoye field. – URL: https://nangs.org/ (accessed: 15.03.2026).
16. Federal Agency for Subsoil Use. Verkhnechonskneftegaz received more than 2.6 million tons of oil through the infill drilling program. – URL: https://rosnedra.gov.ru/ (accessed: 15.03.2026).
17. Institute of Oil and Gas Technology Initiatives. – URL: https://inti.expert/ (accessed: 15.03.2026).
18. Interfax. Rethinking oil reserves with artificial intelligence. Review. – URL: https://www.interfax.ru/ (accessed: 15.03.2026).
19. Kryukov V. A., Tokarev A. N., Dubovitskaya E. A. Razvitie dobychi "vysokotekhnologichnogo" gaza: v osnove novye znaniya, sovremennye tekhnologii i gibkie protsedury indikativnogo planirovaniya [Development of "high-tech" gas production: new knowledge, modern technologies and flexible procedures of indicative planning as a foundation] // Neftyanoe khozyaistvo. – 2025. – No. 4. – P. 10–16.
20. TEK Rossii. Reliability. Quality. Involvement. – URL: https://www.cdu.ru/ (accessed: 15.03.2026).

Концепция специализированного «единого интегратора» российской медицинской техники для импортоопережения в медицинской промышленности: организационно-правовая модель на базе автономной некоммерческой организации

Бронников Алексей Михайлович
кандидат юридических наук, доцент кафедры финансового менеджмента и финансового права, Московский государственный университет управления Правительства Москвы имени Ю.М. Лужкова, 1742905@mail.ru

Достижение технологического суверенитета в сфере здравоохранения, закрепленное в Указе Президента РФ № 896 «О стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации», требует не только создания отечественной медицинской техники, но и формирования эффективных каналов ее внедрения в клиническую практику. Существующая контрактная система, несмотря на механизмы национального режима, остается громоздкой и не всегда обеспечивает оперативное оснащение лечебных учреждений инновационной российской продукцией. В статье рассматриваются вопросы разработки и научного обоснования организационно-правовой модели специализированного «единого интегратора» - автономной некоммерческой организации, наделенной статусом единственного поставщика в рамках ст. 93 44-ФЗ для ускоренного внедрения критически важной российской медицинской техники. Автором предложена модель функционирования автономной некоммерческой организации как оператора федерального каталога российской медтехники. Определены критерии отбора оборудования, механизмы ценообразования, а также выявлены и систематизированы экономические и правовые риски (ограничение конкуренции, коррупциогенность). Разработаны конкретные предложения по минимизации этих рисков через внедрение многоуровневой системы контроля и аудита.

Ключевые слова: технологический суверенитет, государственные закупки, контрактная система, единственный поставщик, медицинская техника, импортозамещение, автономная некоммерческая организация, национальный режим, эффективность закупок.

Введение

Стратегический курс Российской Федерации на достижение технологического суверенитета нашел свое отражение в Указе Президента РФ от 08.12.2025 № 896 «О стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2030 года» [1], где одной из ключевых угроз национальной безопасности прямо названа зависимость от иностранного сырья и комплектующих при производстве лекарственных средств и медицинских изделий. Стратегия ставит амбициозные цели по достижению технологической независимости в здравоохранении на уровне 80% и доли российских препаратов в перечне ЖНВЛП до 90% [1].

Эти макроэкономические установки находят отражение в конкретных цифрах. По данным Росздравнадзора, доля отечественных аппаратов УЗИ в государственных закупках достигла 61%, аппаратов ИВЛ - 80%, а в сегменте расходных материалов и не высокотехнологичного оборудования импортозамещение приблизилось к 90% [21]. Казалось бы, позитивная динамика налицо. Однако эти успехи не решили фундаментальную проблему: несоответствие темпов технологического развития и бюрократической инерции контрактной системы.

Федеральный закон № 44-ФЗ (далее по тексту: 44-ФЗ) [3], при всех его достоинствах с точки зрения обеспечения прозрачности и конкуренции, не содержит в себе эффективного инструментария для «выращивания» и быстрого внедрения принципиально новых, наукоемких видов отечественной медицинской техники. Конкурентные процедуры, ориентированные в первую очередь на снижение цены, зачастую приводят к победе не самого инновационного, а самого дешевого предложения, нередко - с сомнительным подтверждением «российского» происхождения. Так, например, исследование закупок компьютерных томографов за 2019-2024 гг., проведенное в НИУ ВШЭ, выявило системные проблемы: завышение цен, смешение предметов закупки в одном лоте и, как следствие, ограничение конкуренции, что прямо снижает эффективность расходования бюджетных средств [11]. Сама по себе система оценки эффективности закупок в РФ до сих пор не унифицирована [6], что создает определенный методологический вакуум для принятия управленческих решений.

В этих условиях возникает объективная необходимость в создании альтернативного, но контролируемого канала поставок, который бы, не разрушая общие принципы 44-ФЗ, позволял государству точечно и быстро оснащать медицинские учреждения именно той российской техникой, которая соответствует стратегическим приоритетам. По нашему мнению, такую роль может сыграть специализированная Автономная некоммерческая организация (АНО), наделенная статусом единственного поставщика в рамках расширенного толкования статьи 93 44-ФЗ.

Цель настоящей статьи заключается в разработке концепции и научного обоснования организационно-правовой модели такого «единого интегратора», а также оценить ее экономическую эффективность и управленческие риски в контексте движения к технологическому суверенитету и импортоопережению в отрасли медицинской промышленности Российской Федерации.

Современная научная литература по проблематике госзакупок в здравоохранении концентрируется на нескольких направлениях. Во-первых, это проблемы эффективности и результативности. Так, например, в работах Л.В. Коноваловой, Т.Н. Ушаковой, Н.В. Зыковой [10] подчеркивается прямая зависимость качества медицинской помощи от эффективности материально-технического снабжения учреждений здравоохранения и предлагаются методики оценки этой эффективности, выявляющие существующие системные проблемы. Во-вторых, активно изучаются вопросы цифровизации и ее влияния на закупочные процессы. В-третьих, исследуется правоприменительный формализм и коррупциогенные факторы.

Вместе с тем, в отечественном научном дискурсе наблюдается определенный пробел в области институционального моделирования новых субъектов закупочной деятельности. Большинство работ фокусируются на критике существующей системы или оптимизации ее отдельных элементов (например, расчет НМЦК или применение КТРУ), но не предла-

гают радикальных организационных инноваций. Настоящая работа призвана восполнить этот пробел, предложив целостную концепцию нового института - специализированного субъекта, наделенного специальными полномочиями, интегрированного в существующую нормативно-правовую и экономическую реальность.

Правовые предпосылки и концептуальная организационно-правовая модель специализированного «единого интегратора»

Идея использования единственного поставщика для решения стратегических задач государства не нова. В период начала ожесточения санкционного давления в отношении Российской Федерации были введены временные нормы (в частности, утративший силу п. 5.1 ч. 1 ст. 93 44-ФЗ) [2], разрешавшие закупку медицинских изделий у единственного поставщика, если он являлся единственным производителем на территории РФ или страны, не вводившей санкции. Практика показала, что эти меры были высокоэффективны с точки зрения оперативности, но несли в себе риски злоупотреблений и ограничения конкуренции. Их отмена с 8 марта 2024 года свидетельствует о стремлении государства вернуться к конкурентным процедурам, но при этом обнажила проблему отсутствия «специализированных» инструментов для поддержки инновационных отечественных производств.

С 1 июля 2024 года субъекты РФ, посредством введения в действие механизма региональных операторов в соответствии с п. 6.1 ч. 1 ст. 93 44-ФЗ, получили право закупать лекарства, медицинские изделия и ряд сопутствующих услуг у подведомственных государственных унитарных предприятий (ГУП) или акционерных обществ (АО) со 100% долей, принадлежащих субъекту РФ. Этот механизм является прямым аналогом предлагаемой модели, но с тремя принципиальными ограничениями:

1. Региональная привязка: он ограничен масштабами одного субъекта и не позволяет решать федеральные задачи;
2. Форма собственности: он жестко привязан к организационно-правовой форме ГУП или АО, которые являются коммерческими организациями и, следовательно, деятельность которых направлена на извлечение прибыли, что может входить в противоречие с задачей ускоренного, но прозрачного внедрения инноваций;
3. Отсутствие стратегической специализации: ГУП или АО закупает широкий спектр продукции, не концентрируясь исключительно на инновационной российской технике, требующей особой экспертизы.

Вместе с тем, Постановление Правительства № 1875 от 23.12.2024 [5], вступившее в силу с начала 2025 года, с одной стороны систематизирует, а с другой стороны ужесточает национальный режим в государственных закупках, предоставляя преференции российским товарам. Эти изменения создают благоприятную нормативную среду для создания нового, более специализированного механизма. Они подтверждают, что законодатель движется в сторону большей гибкости и приоритета отечественной продукции, даже если это требует отхода от стандартных конкурентных процедур.

Предлагаемая модель призвана устранить недостатки существующих механизмов закупок, создав на федеральном уровне «единого интегратора» с уникальной компетенцией. Ключевые элементы модели:

1. Субъектом выступает специализированная государственная автономная некоммерческая организация (далее по тексту: АНО). В отличие от ГУП или АО, автономная некоммерческая организация не имеет извлечение прибыли в качестве основной цели своей деятельности. Это позволяет ей сконцентрироваться на выполнении государственной задачи по внедрению инноваций, минимизируя транзакционные издержки. Учредителями такой АНО могли бы выступить Минздрав, Минпромторг и, возможно, ведущие государственные медицинские центры (НМИЦ). Это обеспечит межведомственный контроль и высокую экспертную составляющую.

При этом предполагаемое АНО не является торговым посредником (дистрибьютором) в классическом понимании. Ее функции шире:

- Формирование и ведение Федерального каталога российской медицинской техники;
- Экспертиза и верификация соответствия оборудования критериям российского происхождения в рамках Постановления Правительства № 719 [4] и принципу технологического суверенитета;
- Обеспечение упрощенного порядка централизованного заключения контрактов напрямую с производителями и государственными заказчиками на основании 44-ФЗ;
- Обеспечение мониторинга работоспособности и постпродажного сервисного обслуживания поставленной техники на срок, превышающий стандартный 1 год. На сегодняшний день ряд производителей высокотехнологичной российской медицинской техники уже готовы давать расширенную гарантию потребителю на срок до 5 лет с момента ввод в эксплуатацию.

2. Объектом закупки является только российская медицинская техника, включенная в официальный каталог, которая строго соответствует критериям отнесения к российской промышленной продукции в соответствии с Постановлением Правительства № 719. Учитывая планомерный переход оценки уровня локализации медицинских изделий на балльную систему, АНО следует оперировать этими критериями, стимулируя производителей к углублению локализации (адвалорная доля, выполнение критических технологических операций и тд.).

Дополнительный стратегически важный критерий - оборудование должно быть отнесено к категории приоритетных направлений технологического суверенитета, определенных Минздравом и Минпромторгом (например, эндоскопическое оборудование, аппараты ИВЛ экспертного класса, высокоточная диагностическая техника, оборудование для ядерной медицины, реабилитационная робототехника и т.п.).

3. Процесс закупки. Государственный заказчик – учреждение здравоохранения, имея потребность в определенном виде медицинской техники (например, аппарат УЗИ экспертного класса с определенным набором датчиков), в первую очередь обращается к открытому Федеральному каталогу АНО. Если в каталоге присутствует модель, полностью удовлетворяющая клиническую потребность и имеющая статус «российской», заказчик получает право заключить прямой контракт с АНО (на основании нового пункта ч. 1 ст. 93 44-ФЗ).

Для обеспечения прозрачности такой заказчик обязан разместить в ЕИС обоснование использования механизма АНО, включающее сравнение характеристик выбранной российской модели с зарубежными аналогами и экономическое обоснование (например, расчет затрат на жизненный цикл - Life-Cycle Costing [13]).

Соответственно, если искомая заказчиком модель медицинской техники в каталоге отсутствует, заказчик проводит стандартную конкурентную закупку в рамках закона с применением национального режима.

Управленческий анализ эффективности и рисков

Внедрение любой неконкурентной модели требует тщательной оценки ее влияния на эффективность всей системы и выявления сопутствующих рисков. Проанализированная нами актуальная научная литература о рисках закупок у единственного поставщика [7, 15, 16, 17, 20] позволяет выделить следующие риски предлагаемой модели, но при этом предложить и механизмы их минимизации:

1. Риск ограничения конкуренции. Это главный юридический и экономический аргумент против модели. Если АНО получит исключительное право на поставку определенных категорий техники, это может способствовать созданию искусственную монополии.

Избежать риска ограничения конкуренции позволит сохранение параллельности каналов закупок. Предлагаемый механизм закупок через АНО должен быть безусловно факультативным, а не обязательным, то есть это должно быть правом, а не обязанностью заказчика. Заказчик и производитель всегда должны в первую очередь ориентироваться на конкурентные процедуры и только в случае объективной необходимости прибегать к данному механизму, как и к любому иному способу закупку у единственного поставщика в рамках ст. 93 44-ФЗ. Более того, производитель может быть заинтересован в прямом контракте, чтобы избежать злоупотреблений со стороны АНО. Это создаст здоровое конкурентное давление на саму АНО, заставляя ее доказывать свою эффективность как более быстрого и удобного канала поставок.

2. Концентрация полномочий по включению в «приоритетный каталог» в руках одной организации может создать высокий коррупциогенный фактор.

Избежать данного риска можно посредством многоуровневой системы принятия решений и внешнего аудита. Решение о включении техники в каталог должно приниматься коллегиальным Наблюдательным советом АНО, в который могут войти представители Минздрава, Минпромторга, ФАС, Счетной палаты, а также независимые эксперты и представители медицинского сообщества. Обязательный ежегодный аудит деятельности АНО со стороны Счетной палаты РФ и/или ФАС России с публикацией отчета в публичном доступе.

Вместе с тем, учитывая полный переход контрактной системы в «цифру», внедрение цифрового следа всех этапов отбора и заключения контрактов с производителями со стороны АНО, позволит осуществлять контроль каждого этапа процесса оснащения и гарантийного обслуживания.

3. Риск неэффективного ценообразования. В отсутствие конкурентной процедуры АНО может необоснованно завышать цены.

Осуществление контроля за ценообразованием может осуществляться посредством системы автоматизированного мониторинга цен. В настоящий момент такая система внедрена в Федеральный Закон № 275-

ФЗ «О государственном оборонном заказе» от 29.12.2012 и осуществляется Казначейством России через ГИИС «Электронный бюджет» в отношении контрактов на поставку вооружения, военной и специальной техники [9].

Обязательное применение методологии расчета затрат на жизненный цикл (Life-Cycle Costing), которая учитывает не только цену приобретения, но и стоимость владения оборудованием в течение всего срока эксплуатации (расходные материалы, сервисное обслуживание, энергоэффективность и прочее).

Вместе с тем, при закупке через АНО цена контракта не может превышать средневзвешенные минимальные цены на аналогичное оборудование, закупленное через открытые конкурентные процедуры за предшествующий период (с применением понижающего коэффициента).

4. Предлагаемая модель может входить в противоречие с ч. 5 ст. 24 44-ФЗ, где приоритет отдается конкурентным способам закупок.

Следует отметить, что данное исключение носит строго целевой, ограниченный по номенклатуре и стратегически важный характер. Оно не подрывает общий принцип, а дополняет его специальным инструментом, аналогичным по своей логике механизмам государственно-частного партнерства, офсетным контрактам или специальным инвестиционным контрактам (СПИК), где государство также отходит от конкурентных процедур для достижения стратегических целей.

Предлагаемая модель закупок у единственного поставщика – интегратора российской медицинской техники безусловно имеет ряд плюсов:

1. Стратегическая эффективность (достижение целей Указа № 896). Предлагаемая модель создает прямой и гарантированный канал сбыта для российских производителей инновационной техники, что является мощнейшим стимулом для инвестиций в науку, реинжиниринг, дизайн, новые технологии и локализацию. Это напрямую способствует достижению целевых показателей технологической независимости и суверенитета.

2. Экономическая эффективность (снижение транзакционных издержек).

- Для государства: Централизация закупок через АНО позволяет аккумулировать экспертизу, стандартизировать технические требования и добиваться более выгодных условий от производителей за счет эффекта масштаба.
- Для государственного заказчика: радикальное сокращение временных и трудовых затрат на подготовку сложной технической документации, обоснование НМЦК и проведение закупочных процедур для сложного оборудования. Это позволяет высвободить ресурсы медицинского учреждения для выполнения его основной - лечебной - функции.

3. Организационно-управленческая эффективность. Модель решает проблему «информационной асимметрии», когда заказчик, не будучи техническим экспертом, не в состоянии оценить реальные преимущества и качество сложной отечественной техники. АНО берет на себя функцию «фильтра» и «гаранта качества».

Предлагаемая модель является не просто организационной новацией в сфере госзакупок, а инструментом экономической политики импортоопережения. Она решает ключевую проблему «долины смерти» [18], через которую проходит любая инновационная разработка: от опытного образца до серийного производства и внедрения в широкую клиническую практику. В настоящее время российский производитель, даже создав конкурентоспособный аппарат, сталкивается с колоссальными трудностями при попытке продать его государству из-за сложности и неповоротливости тендерных процедур, а также из-за скепсиса заказчиков, привыкших к импортной технике.

Автономная некоммерческая организация, как институт развития, берет на себя функции интегратора, «первого заказчика» и «амбассадора» российской техники. Ее авторитет, подтвержденный экспертным сообществом и жестким контролем, снимет барьер недоверия со стороны клиник. Формируя гарантированный спрос на начальном этапе, АНО позволяет производителю достичь необходимой рентабельности, окупить инвестиции в науку и приступить к масштабированию производства. Таким образом, модель работает на опережение: не просто замещает выбывший импорт, а создает условия для появления и быстрого роста новых российских технологических лидеров в медицинской промышленности, о чем все чаще и чаще говорят в научной литературе и публичных источниках [12, 14, 19].

Заключение

Проведенный анализ показывает, что модель специализированной АНО - единого поставщика российской медицинской техники - является научно обоснованным, экономически эффективным и организационно реализуемым механизмом решения стратегической задачи достижения технологического суверенитета в здравоохранении. Модель не отменяет и не подменяет собой конкурентные закупки, а дополняет их, заполняя существующий институциональный вакуум в сегменте инновационной и приоритетной продукции российского производства.

Внедрение данной модели позволит:

1. Сократить временные издержки между разработкой отечественной медтехники и ее появлением в клиниках, что является критически важным в условиях санкционного давления.
2. Снизить транзакционные издержки для государственных заказчиков и минимизировать риски закупки контрафактной или «серой» продукции под видом российской.
3. Создать мощный и предсказуемый канал сбыта для российских производителей, стимулируя их к углублению локализации и инвестициям в новые разработки.

Предложенные в статье механизмы минимизации рисков (коллегиальное управление, внешний аудит, методика ценообразования) позволяют встроить модель в существующую контрактную систему без ущерба для ее базовых принципов прозрачности и эффективности. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на детальную проработку юридической конструкции нового пункта ч. 1 ст. 93 44-ФЗ и разработку типового устава для такого АНО с описанием юридической конструкции работы всего механизма.

Литература

1. Указ Президента РФ от 08.12.2025 № 896 «О стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2030 года» // // [Электронный ресурс] СПС: Консультант плюс.
2. Федеральный закон от 08.08.2024 N 318-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации" (последняя редакция) // [Электронный ресурс] СПС: Консультант плюс.
3. Федеральный закон "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" от 05.04.2013 № 44-ФЗ (последняя редакция) // [Электронный ресурс] СПС: Консультант плюс.
4. Постановление Правительства РФ от 17.07.2015 № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» (последняя редакция) // [Электронный ресурс] СПС: Консультант плюс.
5. Постановление Правительства РФ от 23.12.2024 № 1875 «О мерах по предоставлению национального режима при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
6. Дадажанова, Е. Е. Оценка эффективности государственных закупок для обеспечения нужд лечебного учреждения МО РФ / Е. Е. Дадажанова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 8-1. – С. 16-21.
7. Ефимов, М. А. Закупки у единственного поставщика в условиях международных санкций: актуальные проблемы, риски, ответственность / М. А. Ефимов // Вестник Российской правовой академии. – 2025. – № 1. – С. 161-172.
8. Иванов, Р. В. Коррупционные риски закупок у единственного поставщика для нужд военных организаций в период проведения специальной военной операции / Р. В. Иванов // Военное право. – 2024. – № 6(88). – С. 82-88.
9. Козин, М. Н. Автоматизированный мониторинг цен как инструмент выявления рисков при размещении государственных контрактов у единственного поставщика / М. Н. Козин // Вестник военной академии материально-технического обеспечения. – 2025. – № 2(42). – С. 116-124.
10. Коновалова, Л. В. Оценка эффективности системы обеспечения медицинскими изделиями государственных учреждений здравоохранения / Л. В. Коновалова, Т. Н. Ушакова, Н. В. Зыкова // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 9. – С. 3647-3660.
11. Лахно Е.И. Анализ системы государственных закупок высокотехнологичного медицинского оборудования на примере томографов: проблемы и пути повышения эффективности: Выпускная квалификационная работа / Е.И. Лахно, под ред. И.Г. Каменева //. - М.: НИУ ВШЭ, 2025.
12. Морозова, Ю. А. Стратегические тенденции инновационного развития медицинской промышленности в России и мире / Ю. А. Морозова // Экономика промышленности. – 2025. – Т. 18, № 3. – С. 421-432.
13. Орлов, Е. В. Использование метода учета "Life cycle Costing" в целях калькулирования затрат / Е. В. Орлов // Вестник университета. – 2015. – № 7. – С. 188-193.

14. Оруч, Т. А. Проблемы и перспективы реализации политики импортозамещения в отдельных отраслях промышленности России: медицинская промышленность / Т. А. Оруч, А. Ю. Плюта // Менеджмент XXI века: взгляд в перспективу : материалы I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Орёл, 11–12 апреля 2024 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2024. – С. 445-450.

15. Павлов, А. Г. Закупки у единственного поставщика: между необходимостью и риском / А. Г. Павлов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. – 2025. – Т. 11, № 3. – С. 457-464.

16. Семенихин, С. В. Актуальные проблемы закупок у единственного поставщика в соответствии с ст. 93 федерального Закона от 05.04.2013 n 44-ФЗ / С. В. Семенихин // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. – 2025. – № 3(43). – С. 34-35.

17. Соловкин, О. Н. Отдельные направления снижения коррупционных рисков при реализации государственных закупок у единственного поставщика / О. Н. Соловкин, А. С. Терентьев // Социально-экономические и правовые меры борьбы с преступлениями и иными правонарушениями : Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Рязанский филиал Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя, 03 апреля 2025 года. – Рязань: Московский университет МВД РФ им. В.Я. Кикотя, 2025. – С. 458-462.

18. Хрусталев, М. Б. Преодоление «долины смерти» в медицинских научно-исследовательских и опытноконструкторских работах: актуальность и ключевые проблемы / М. Б. Хрусталев, В. А. Резник // Реальная клиническая практика: данные и доказательства. – 2025. – Т. 5, № 3. – С. 5-12.

19. Шкарупета, Е. В. Стратегия импортозамещения на рынке промышленной продукции медицинского назначения в условиях цифровизации экономики / Е. В. Шкарупета, Д. А. Данилов // Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты : Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Воронеж, 25–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Воронежский экономико-правовой институт, 2024. – С. 219-223.

20. Шурпаев, Ш. М. Типичные нарушения законодательства о контрактнойсистеме в сфере закупок при осуществлении закупоку единственного поставщика, сопутствующие совершению преступлений коррупционной направленности / Ш. М. Шурпаев // Актуальные вопросы противодействия коррупции в публичном и частном секторах : Материалы IV всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 08 декабря 2023 года. – Санкт-Петербург: Всероссийский государственный университет юстиции, 2023. – С. 70-77.

21. Росздравнадзор. Данные об импортозамещении медицинских изделий в РФ в 2025 году [Электронный ресурс] // Известия URL: https://iz.ru/1992723/2025-11-19/roszdravnadzor-soobshchil-o-90-protcentnom-importozameshchenii-nebolshikh-medizdelii-i-raskhodnikov (дата обращения: 21 апреля 2026 г.).

The concept of a specialized "single integrator" of Russian medical equipment to outpace imports in the medical industry: an organizational and legal model based on an autonomous non-profit organization

Bronnikov A.M.
Luzhkov Moscow State University of Management

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Achieving technological sovereignty in healthcare, as enshrined in Decree of the President of the Russian Federation No. 896 "On the Strategy for the Development of Healthcare in the Russian Federation," requires not only the creation of domestic medical equipment but also the formation of effective channels for its implementation into clinical practice. The existing contract system, despite the mechanisms of the national regime, remains cumbersome and does not always ensure the prompt equipping of medical institutions with innovative Russian products. This article examines the development and scientific substantiation of an organizational and legal model of a specialized "single integrator" - an autonomous non-profit organization endowed with the status of a sole supplier under Article 93 of 44-FZ for the accelerated implementation of critically important Russian medical equipment. The author proposes a model for the functioning of the autonomous non-profit organization as an operator of a federal catalogue of Russian medical equipment. Criteria for equipment selection and pricing mechanisms are defined, and economic and legal risks (restriction of competition, corruption potential) are identified and systematized. Concrete proposals are developed to minimize these risks through the introduction of a multi-level system of control and audit.

Keywords: technological sovereignty, public procurement, contract system, sole supplier, medical equipment, import substitution, autonomous non-profit organization, national regime, procurement efficiency.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of December 8, 2025, No. 896 "On the Strategy for the Development of Healthcare in the Russian Federation through 2030" // // [Electronic resource] SPS: Consultant Plus.
2. Federal Law of August 8, 2024, No. 318-FZ "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation and the Recognition of Certain Provisions of Legislative Acts of the Russian Federation as Invalid" (latest revision) // [Electronic resource] SPS: Consultant Plus.
3. Federal Law "On the Contract System in the Sphere of Procurement of Goods, Works, and Services for Ensuring National and Municipal Needs" of April 5, 2013, No. 44-FZ (latest revision) // [Electronic resource] SPS: Consultant Plus.
4. RF Government Resolution No. 719 of July 17, 2015, "On Confirmation of Industrial Production in the Russian Federation" (latest revision) // [Electronic resource] SPS: Consultant Plus.
5. RF Government Resolution No. 1875 of December 23, 2024, "On Measures to Grant National Treatment in the Procurement of Goods, Works, and Services to Meet State and Municipal Needs."
6. Dadazhanova, E. E. Evaluation of the Effectiveness of Public Procurement to Meet the Needs of a Medical Institution of the Ministry of Defense of the Russian Federation / E. E. Dadazhanova // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. - 2021. - No. 8-1. - P. 16-21.
7. Efimov, M. A. Single-Supplier Procurement under International Sanctions: Current Issues, Risks, and Responsibility / M. A. Efimov // Bulletin of the Russian Law Academy. - 2025. - No. 1. - Pp. 161-172.
8. Ivanov, R. V. Corruption Risks of Single-Supplier Procurement for Military Organizations During a Special Military Operation / R. V. Ivanov // Military Law. - 2024. - No. 6 (88). - Pp. 82-88.
9. Kozin, M. N. Automated Price Monitoring as a Tool for Identifying Risks When Placing Government Contracts with a Single Supplier / M. N. Kozin // Bulletin of the Military Academy of Logistics. - 2025. - No. 2 (42). – P. 116-124.
10. Konovalova, L. V. Evaluation of the effectiveness of the system for providing state healthcare institutions with medical products / L. V. Konovalova, T. N. Ushakova, N. V. Zykova // Creative Economy. - 2021. - Vol. 15, No. 9. - Pp. 3647-3660.
11. Lakhno, E. I. Analysis of the public procurement system for high-tech medical equipment using the example of tomographs: problems and ways to improve efficiency: Graduation qualification work / E. I. Lakhno, edited by I. G. Kamenev //. - M .: National Research University Higher School of Economics, 2025.
12. Morozova, Yu. A. Strategic trends in the innovative development of the medical industry in Russia and the world / Yu. A. Morozova // Industrial Economics. – 2025. – Vol. 18, No. 3. – P. 421-432.
13. Orlov, E. V. Using the "Life Cycle Costing" Accounting Method for Cost Calculation Purposes / E. V. Orlov // University Bulletin. – 2015. – No. 7. – P. 188-193.
14. Oruch, T. A. Problems and Prospects of Implementing Import Substitution Policy in Certain Sectors of Russian Industry: the Medical Industry / T. A. Oruch, A. Yu. Plyuta // 21st Century Management: A Look into the Future: Proceedings of the 1st All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Orel, April 11-12, 2024. – Orel: Oryol State University named after I.S. Turgenev, 2024. – P. 445-450.
15. Pavlov, A. G. Procurement from a single supplier: between necessity and risk / A. G. Pavlov // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Legal sciences. - 2025. - Vol. 11, No. 3. - Pp. 457-464.
16. Semenikhin, S. V. Actual problems of procurement from a single supplier in accordance with Art. 93 of the Federal Law of 05.04.2013 N 44-FZ / S. V. Semenikhin // Actual problems of social-humanitarian and scientific-technical knowledge. - 2025. - No. 3 (43). - Pp. 34-35.
17. Solovkin, O. N. Certain areas of reducing corruption risks in the implementation of public procurement from a single supplier / O. N. Solovkin, A. S. Terentyev // Socio-economic and legal measures to combat crimes and other offenses: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference, Ryazan branch of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V. Ya. Kikot, April 3, 2025. - Ryazan: Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V. Ya. Kikot, 2025. - P. 458-462. 18. Khrustalev, M. B. Overcoming the "valley of death" in medical research and development work: relevance and key problems / M. B. Khrustalev, V. A. Reznik // Real clinical practice: data and evidence. – 2025. – Vol. 5, No. 3. – Pp. 5-12.
19. Shkarupeta, E. V. Import substitution strategy in the market of industrial medical products in the context of digitalization of the economy / E. V. Shkarupeta, D. A. Danilov // Actual problems of development of vertical integration of the education, science and business systems: economic, legal and social aspects: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 25-26, 2024. – Voronezh: Voronezh Economic and Legal Institute, 2024. – Pp. 219-223.
20. Shurpaev, Sh. M. Typical violations of legislation on the contract system in the field of procurement during the procurement of a single supplier, accompanying the commission of corruption-related crimes / Sh. M. Shurpaev // Current issues of combating corruption in the public and private sectors: Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference, St. Petersburg, December 8, 2023. - St. Petersburg: All-Russian State University of Justice, 2023. - P. 70-77.
21. Roszdravnadzor. Data on import substitution of medical products in the Russian Federation in 2025 [Electronic resource] // Izvestia URL: https://iz.ru/1992723/2025-11-19/roszdravnadzor-soobshchil-o-90-protcentnom-importozameshchenii-nebolshikh-medizdelii-i-raskhodnikov (date of access: April 21, 2026).

Социальная ответственность бизнеса в эпоху структурной перестройки: концептуальная модель влияния на национальную устойчивость

Никонов Евгений Игоревич
аспирант, научная специальность 5.6.2 Менеджмент, Университет Правительства Москвы, **ugmzmag@yandex.ru**

В статье исследуется трансформация роли социальной ответственности бизнеса в условиях глубокой структурной перестройки российской экономики, вызванной внешними шоками и сменой парадигмы глобальной интеграции на национальный суверенитет. На основе системного и институционально-эволюционного подходов автором разработана концептуальная модель, раскрывающая взаимосвязь трансформационных процессов, практик социальной ответственности и устойчивого развития на микро-, мезо- и макроуровнях. Проанализированы ключевые драйверы трансформации (геополитические, технологические, социальные, институциональные) и их влияние на корпоративные стратегии. Выявлено, что в новых условиях социальная ответственность бизнеса перестает быть факультативной благотворительностью и трансформируется в стратегический институт, интегрированный в ядро управления компанией и ориентированный на решение задач кадрового суверенитета, локализации цепочек создания стоимости и социальной стабильности территорий. Предложены рекомендации по совершенствованию институциональной среды и корпоративных практик для усиления вклада бизнеса в устойчивое социально-экономическое развитие страны.

Ключевые слова: социальная ответственность бизнеса, устойчивое развитие, экономическая трансформация, ESG, стейкхолдер-менеджмент, корпоративная устойчивость, технологический суверенитет, человеческий капитал.

Современный этап развития российской экономики характеризуется беспрецедентным по своей глубине и комплексности системным переломом. Геополитические шоки, санкционное давление, разрыв глобальных цепочек создания стоимости и необходимость технологического импортозамещения синхронно формируют новую реальность, в которой бизнес вынужден пересматривать основы своего стратегического поведения [6]. В этой ситуации традиционные модели управления, ориентированные исключительно на максимизацию краткосрочной прибыли и эффективную интеграцию в глобальные рынки, оказываются несостоятельными. На первый план выходит способность компании адаптироваться к изменяющейся институциональной среде, сохранять легитимность перед лицом государства и общества, инвестировать в человеческий капитал и долгосрочные партнерские отношения. Именно эти задачи лежат в плоскости социальной ответственности бизнеса (СОБ).

В последние годы проблематика СОБ прочно вошла в научный дискурс и корпоративную практику [2;3;7]. Однако большинство исследований фокусировались либо на общих теоретических аспектах, либо на эмпирическом анализе отдельных практик в относительно стабильный период. Вопрос о том, как трансформируется сама природа, функции и механизмы реализации СОБ в условиях кардинальной смены «правил игры», остается недостаточно изученным. Возникает ключевой исследовательский вопрос: остается ли социальная ответственность бизнеса факультативной этической надстройкой или она превращается в стратегический фактор выживания и долгосрочной устойчивости? И если да, то через какие конкретные механизмы это происходит?

Цель настоящей статьи - выявить и теоретически обосновать трансформацию роли социальной ответственности бизнеса как фактора устойчивого социально-экономического развития в условиях российской трансформационной повестки. Для достижения цели решаются следующие задачи: проанализировать эволюцию концепций СОБ и устойчивого развития, выявив их конвергенцию на микроуровне; определить ключевые драйверы трансформации российской экономики и их воздействие на корпоративные стратегии; разработать концептуальную модель, объясняющую механизм влияния СОБ на устойчивое развитие в новых условиях; предложить направления совершенствования институциональной среды и корпоративных практик.

Концепция социальной ответственности бизнеса прошла длительный путь от ограниченных представлений о благотворительности до признанной управленческой дисциплины [1;5;8].

С 2022 года российская экономика столкнулась с набором шоков, которые формируют принципиально новую среду для бизнеса. Выделим четыре блока драйверов трансформации.

Геополитические и внешнеэкономические драйверы. Санкционное давление привело к разрыву многих глобальных цепочек поставок, уходу крупных иностранных компаний, технологическим ограничениям (запрет на передачу критических компонентов и ПО) и финансовой блокаде. Следствием стал резкий рост транзакционных издержек, необходимость перестройки логистики и поиска новых поставщиков. Для бизнеса это означает, что устойчивость цепочек создания стоимости становится приоритетом номер один, зачастую более важным, чем краткосрочная прибыль. В этой ситуации социальная ответственность проявляется в поддержке отечественных поставщиков из числа МСП, развитии локализованных производственных кластеров и выстраивании долгосрочных договорных отношений, основанных на доверии, а не только на цене.

Технологические и структурные драйверы. Императив технологического суверенитета и импортозамещения в критических отраслях (микроэлектроника, авиастроение, станкостроение) означает, что компаниям приходится осуществлять масштабные инвестиции в НИОКР, перепроектировать продукты, развивать собственные инжиниринговые компетенции. Параллельно ускоренная цифровизация служит инструментом компенсации потери западного ПО и повышения эффективности в новых условиях. Крупные компании, особенно градообразующие, ожидают активной роли в поддержании социальной инфраструктуры, развитии городской среды и решении локальных проблем. Их социальная легитимность напрямую зависит от вклада в качество жизни территорий присутствия.

Институциональные и регуляторные драйверы. Государство, столкнувшись с системным кризисом, усилило свое присутствие в экономике,

используя механизмы СПИК, льготного кредитования, госзаказа и проектного финансирования. Формируются новые национальные стандарты в области устойчивого развития и ESG, идут дискуссии о создании суверенной системы рейтингования. Бизнесу необходимо адаптироваться к меняющимся «правилам игры», выстраивать более тесный диалог с органами власти, участвовать в реализации национальных проектов. Прозрачность и демонстрация приверженности национальным приоритетам становятся важными репутационными факторами.

Интегральный эффект этих драйверов - формирование среды, в которой социально ответственное поведение из факультативной, часто имиджевой практики трансформируется в инструмент управления стратегическими рисками и источник конкурентных преимуществ, становится системным процессом [4]. Компании, способные сохранить и развить человеческий капитал, выстроить устойчивые связи с локальными поставщиками и сообществами, заслужить доверие государства как надежный партнер, получают условия для долгосрочного роста. Компании же, воспринимающие СОБ как ненужную нагрузку и пытающиеся скрыть свое социальное безразличие под «зеленой» или «розовой» ширмой, рискуют потерять лицензию на деятельность в новой реальности.

На основе проведенного анализа предложим концептуальную модель, объясняющую механизм превращения СОБ в фактор устойчивого развития в условиях трансформации. Модель имеет три контура.

Контур вызова (драйверы) включает описанные выше геополитические, технологические, социальные и институциональные факторы. Они оказывают прямое давление на бизнес, делая нежизнеспособными прежние стратегии, ориентированные на глобальную интеграцию и краткосрочную прибыль.

Контур адаптации описывает, как бизнес переосмысливает социальную ответственность. Этот процесс проходит три уровня:

- Уровень управления: СОБ институционализируется в корпоративном управлении (создание ESG-комитетов, назначение профильных директоров, интеграция KPI по устойчивости в систему мотивации).
- Уровень практик: Происходит содержательная переориентация - от благотворительности к стратегическим социальным инвестициям: в образование и переобучение кадров, в развитие местных сообществ и инфраструктуры, в поддержку локализованных цепочек поставок, в экологическую модернизацию.
- Уровень партнерств: Бизнес выстраивает долгосрочные кооперационные связи с государством (участие в нацпроектах, ГЧП), с научно-образовательным сектором (целевая подготовка кадров, совместные R&D), с МСП (развитие поставщиков), с НКО (реализация социальных программ).

Контур результата демонстрирует, как адаптированные практики СОБ генерируют мультипликативные эффекты:

- Микроуровень: снижение операционных рисков, рост производительности за счет лояльного и квалифицированного персонала, улучшение репутации и бренд-капитала, доступ к льготному финансированию (в т.ч. через «зеленые» и социальные облигации).
- Мезоуровень: сглаживание территориальных диспропорций, развитие отраслевых кластеров, повышение качества человеческого капитала в регионах, улучшение социальной и экологической инфраструктуры.
- Макроуровень: вклад в технологический суверенитет, укрепление социальной стабильности, снижение экологической нагрузки на душу ВВП, формирование новой модели конкурентоспособности, основанной на качестве роста.

Модель замыкается: положительные результаты на макроуровне (повышение устойчивости экономики) позволяют государству и обществу дальше поддерживать и стимулировать те практики СОБ, которые доказали свою эффективность, тем самым укрепляя сам институт. Возникает цикл позитивного подкрепления.

Модель имеет как теоретическую, так и прикладную ценность. Она объясняет, почему в условиях российских трансформационных шоков не происходит отказа от СОБ, а наоборот, происходит ее углубление и переориентация на внутренние приоритеты. Кроме того, она задает рамку для эмпирической проверки: какие конкретные практики СОБ (например, корпоративные университеты, программы поддержки моногородов, экологические «дорожные карты») вносят наибольший вклад в устойчивость на разных уровнях.

Несмотря на объективную необходимость перезагрузки института СОБ, на пути его эффективной трансформации существует ряд вызовов.

Во-первых, это институциональная инерция и разрыв между декларациями и реальными практиками. Многие компании продолжают воспринимать СОБ как отчетность ради отчетности, не интегрируя ее в стратегическое ядро. В условиях трансформации такая имитационная активность становится особенно опасной: она создает иллюзию социальной вовлеченности, не принося реальных эффектов ни компании, ни обществу.

Во-вторых, фрагментарность мер государственного стимулирования. Существуют отдельные налоговые льготы для благотворительности, механизмы СПИК, гранты для НКО, но отсутствует целостная система, увязывающая стратегические приоритеты (импортозамещение, человеческий капитал, экология) с поддержкой именно тех направлений СОБ, которые наиболее эффективны. Необходим переход от разрозненных стимулов к комплексной политике «ESG-акселерации».

В-третьих, дефицит методик оценки реального вклада СОБ. Существующие рейтинги часто опираются на раскрытие информации (наличие политик, отчетов), а не на измерение социальных и экологических результатов. Это порождает «гонку документов» вместо реальных изменений. Разработка и внедрение национальных стандартов оценки результативности СОБ, учитывающих специфику отраслей и регионов, становится актуальной задачей.

В-четвертых, риск вытеснения экологической повестки в угоду более «горячим» социальным задачам. Хотя в краткосрочной перспективе инвестиции в кадры и социальную инфраструктуру действительно приоритетнее, игнорирование экологической модернизации создаст отложенные проблемы (ресурсозависимость, высокие издержки, несоответствие будущим стандартам). Сбалансированный подход, заложенный в триединой модели, остается актуальным.

На основе анализа предлагаются следующие направления совершенствования институциональной среды и корпоративных практик:

Для государства: разработать и принять «Стратегию вовлечения бизнеса в устойчивое развитие», которая бы увязала налоговые и нетарифные стимулы с конкретными измеримыми вкладами компаний в достижение национальных целей (технологическая модернизация, снижение неравенства, охрана окружающей среды). Создать публичный реестр лучших практик СОБ в условиях трансформации с акцентом на результаты.

Для бизнеса: перейти от «социального отчета» к интегрированному управлению воздействиями, включив ESG-показатели в систему ключевых показателей эффективности топ-менеджмента и связывая их с долгосрочной мотивацией. Рекомендуется использовать методологию социального возврата на инвестиции для оценки эффективности социальных программ и обоснования их перед акционерами.

В ходе исследования было установлено, что в условиях системной трансформации российской экономики, обусловленной одновременным действием геополитических, технологических, социальных и институциональных драйверов, социальная ответственность бизнеса претерпевает качественную эволюцию: она перестает быть периферийной благотворительной или имиджевой деятельностью и трансформируется в стратегический институт, интегрированный в ядро корпоративного управления. Предложенная концептуальная модель показывает, что перезагрузка института СОБ через стратегическую интеграцию, переориентацию практик и развитие партнёрств порождает мультипликативные эффекты на микро - (корпоративная устойчивость), мезо- (региональное и отраслевое развитие) и макро- (национальная устойчивость, технологический суверенитет, социальная стабильность) уровнях, что подтверждает объективный характер превращения СОБ из факультативной нагрузки в необходимый инструмент управления рисками и долгосрочной конкурентоспособности. Вместе с тем выявлены ключевые вызовы (институциональная инерция, фрагментарность государственного стимулирования, дефицит методик оценки результативности деятельности, риск дисбаланса между социальными и экологическими приоритетами), преодоление которых требует скоординированных усилий государства, бизнеса и гражданского общества. Дальнейшие исследования должны быть направлены на эмпирическую верификацию модели, разработку отраслевых бенчмарков результативности СОБ и анализ влияния мер государственной поддержки на готовность бизнеса к стратегическим социальным инвестициям. В целом, полученные результаты свидетельствуют, что осознанное развитие социальной ответственности бизнеса является не дополнительным бременем, а ключевым резервом для успешного прохождения Россией этапа трансформации и перехода к качественно новой, социально ориентированной и технологически суверенной модели экономического роста.

Литература

1. Благов Ю.Е. Корпоративная социальная ответственность: эволюция концепции. СПб.: Высшая школа менеджмента, 2010.

2. Глазьев С.Ю. Рывок в будущее. Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах. М.: Книжный мир, 2018.

3. Канаева О.А. Институционализация социальной ответственности бизнеса в российской экономике. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2014.

4. Клейнер Г.Б. Системная экономика: шаги развития // Экономическая наука современной России. 2021. № 2. С. 7–26.

5. Полтерович В.М. Институты догоняющего развития: к проекту новой модели экономического роста в России // Вопросы экономики. 2016. № 2. С. 5–26.

6. Сергеева С.А., Гладилина И.П., Доржу М.С., Табаков Н.А., Терещенко О.В. Развитие экономики России в условиях санкционного давления// Экономическое развитие России. – 2025. – №4. Том 32. - С. 157 – 161.

7. Судова Т.Л., Белоусов К.Ю. Социальная ответственность бизнеса как фактор устойчивого развития // Проблемы современной экономики. 2017. № 3. С. 98–103.

8. Carroll A.B. A Three-Dimensional Conceptual Model of Corporate Performance // Academy of Management Review. 1979. Vol. 4. No. 4. P. 497–505.

Corporate Social Responsibility in the Era of Structural Restructuring: A Conceptual Model of Impact on National Sustainability

Nikonov E.I.
Moscow Government University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

This article examines the transformation of the role of corporate social responsibility in the context of profound structural restructuring of the Russian economy, caused by external shocks and a paradigm shift from global integration to national sovereignty. Based on systemic and institutional-evolutionary approaches, the author has developed a conceptual model that reveals the relationship between transformation processes, social responsibility practices, and sustainable development at the micro, meso, and macro levels. Key transformation drivers (geopolitical, technological, social, and institutional) and their impact on corporate strategies are analyzed. It was found that, under the new conditions, corporate social responsibility is no longer an optional charity and is being transformed into a strategic institution, integrated into the core of company management and focused on addressing the challenges of human resource sovereignty, localization of value chains, and territorial social stability. Recommendations are offered for improving the institutional environment and corporate practices to enhance business's contribution to the country's sustainable socioeconomic development.

Keywords: corporate social responsibility, sustainable development, economic transformation, ESG, stakeholder management, corporate sustainability, technological sovereignty, human capital.

References

1. Blagov Yu. E. Corporate Social Responsibility: The Evolution of the Concept. St. Petersburg: Higher School of Management, 2010.
2. Glazyev S. Yu. A Leap into the Future. Russia in the New Technological and Global Economic Orders. Moscow: Knizhny Mir, 2018.
3. Kanaeva O. A. Institutionalization of Corporate Social Responsibility in the Russian Economy. St. Petersburg: St. Petersburg State University Publishing House, 2014.
4. Kleiner G. B. Systemic Economy: Steps of Development // Economic Science of Contemporary Russia. 2021. No. 2. pp. 7–26.
5. Polterovich V. M. Institutions of Catch-Up Development: Toward a New Model of Economic Growth in Russia // Voprosy Ekonomiki. 2016. No. 2. pp. 5–26.
6. Sergeeva S.A., Gladilina I.P., Dorzhu M.S., Tabakov N.A., Tereshchenko O.V. Development of the Russian economy under sanctions pressure // Economic development of Russia. - 2025. - No. 4. Vol. 32. - P. 157 - 161.
7. Sudova T.L., Belousov K.Yu. Social responsibility of business as a factor in sustainable development // Problems of modern economy. 2017. No. 3. P. 98-103.
8. Carroll A.B. A Three-Dimensional Conceptual Model of Corporate Performance // Academy of Management Review. 1979. Vol. 4. No. 4. P. 497-505.

Методика оценки влияния цифровых платформ на темпы инновационного развития компаний

Семешкин Никита Игоревич
аспирант, МГУ им. М.В. Ломоносова, nikitse@yandex.ru

Современная экономика характеризуется ускоренной цифровой трансформацией, где ключевую роль начинают играть цифровые платформы. Для компаний различных отраслей доступ к таким платформам и интеграция с ними становятся не просто конкурентным преимуществом, а необходимым условием выживания. Одним из главных вызовов становится не только адаптация к платформенным технологиям, но и способность ускорять инновационные процессы. Вместе с тем, существующие подходы к оценке инновационного развития компаний ориентированы преимущественно на внутренние затраты, количество патентов или показатели традиционной эффективности. Эти методы слабо учитывают специфику влияния цифровых платформ: сетевые эффекты, доступ к внешним компетенциям, эффект масштаба данных, скорость обратной связи с пользователями. Отсутствие унифицированной и операциональной методики затрудняет как управленческие решения внутри фирм, так и сравнение компаний по уровню платформенно-ориентированной инновационности. В статье рассмотрена авторская система показателей и методики оценки уровня развития платформенных экосистем и их влияния на инновационную активность компаний. Предложенная в статье методика применена к реальным данным, что позволяет измерять и описывать эффекты использования цифровых платформ: ускорение инновационных процессов, рационализацию бизнес-процессов и повышение конкурентоспособности фирм. Полученные результаты могут быть использованы для поддержки инновационной деятельности в стратегическом управлении.

Ключевые слова: методика оценки, платформенные экосистемы, инновационное развитие, цифровые платформы, показатели эффективности.

Введение

Ускорение научно-технического прогресса, выраженное в появлении и быстром распространении цифровых технологий, приводит экономические системы многих стран к поиску новых путей эффективного использования процессов цифровизации в своем развитии [9].

В условиях ускорения технологических изменений и перехода к экономике знаний инновационное развитие компании становится не просто конкурентным преимуществом, а необходимым условием выживания. Однако традиционные модели инновационного процесса, основанные на линейном подходе, всё чаще демонстрируют недостаточную скорость реакции на рыночные изменения. Ключевым фактором управления инновациями выступают цифровые платформы — экосистемы, обеспечивающие взаимодействие множества агентов на основе единой технологической инфраструктуры и сетевых эффектов.

В 2026 году активно применяются модели конфигурационного анализа, которые оценивают не один фактор, а комбинации условий, ведущие к инновациям на платформах. Разрабатываются модели, сочетающие стандартизацию данных и многокритериальные методы, чтобы учитывать не только финансовые показатели, но и «цифровую зрелость» компании. Новейший тренд 2026 года — интеграция оценки инноваций с устойчивым развитием.

Вопреки растущему числу исследований, посвященных феномену цифровых платформ, остаётся недостаточно проработанным прикладной аспект: как количественно измерить и оценить степень влияния конкретной цифровой платформы на темпы инновационного развития компании. Существующие методики часто либо фокусируются на макроуровне, либо ограничиваются качественными описаниями, не давая инструментов для сравнительного анализа или прогнозирования, что создаёт разрыв между управленческой практикой и теоретическими моделями.

Современные цифровые платформы кардинально меняют логику инновационного процесса, однако отсутствие общепринятых количественных методик затрудняет оценку их реального влияния на темпы инновационного развития компаний-участников. Цифровая экосистема – объединенная интерфейсом бесшовного доступа совокупность нескольких информационных систем, цифровых платформ и сервисов, интегрирующая в рамках единой клиентоориентированной бизнес-модели множество участников различных отраслевых рынков [6].

Обсуждение и результаты

Цифровые платформы увеличивают темп инновационных процессов в компании, но динамика может быть и отрицательной из-за монополизации данных и стандартизации. Платформы решают задачу скорости, но не решают задачу уникальности. Компании, которые используют платформы как инструмент, а не как бизнес-модель, выигрывают в темпе развития.

Оценка влияния цифровых платформ на инновационное развитие требует комплексного подхода, учитывающего как прямые, так и косвенные эффекты. Цифровые платформы оказывают значительное прямое положительное влияние на качество инноваций через три основных механизма: эффект открытого обмена, эффект информационного соответствия и эффект платформенного распространения [10].

Система Traction Metrics позволяет оценить успешность бизнеса, его прогресс в привлечении, удержании и монетизации клиентов через следующие показатели:

1. Показатели удержания: Retention Rate — уровень возврата пользователей, Churn Rate — уровень оттока, Daily/Monthly Active Users (DAU/MAU).
2. Финансовые показатели: Monthly Recurring Revenue (MRR), Customer Lifetime Value (LTV), соотношение LTV/CAC (>3 считается здоровым показателем)

К данным показателям можно добавить процессный критерий, который позволяет оценить ускорение бизнес-процессов и скорость вывода инновации на рынок.

Для выявления причинно-следственных связей рекомендуется использовать панельные данные и следующие модели: модель с фиксированными эффектами для оценки прямого влияния платформ на инновационное развитие, контролируя гетерогенность регионов/компаний, модель медиации для анализа опосредованного влияния через устранение

ресурсных дисбалансов, динамическая пороговая регрессия для выявления нелинейных эффектов и пороговых значений, при которых влияние платформ качественно меняется [1].

Методология оценки качества инноваций на основе патентного анализа включает отслеживание количества цитирований патентов в зарубежных научных работах, анализ технологической оригинальности и рыночного потенциала патентов, оценку скорости распространения технологического знания через платформу.

Согласно методике, разработанной в исследовании цифрового подрывного потенциала, оценка должна охватывать пять ключевых измерений:

1. Целевая направленность — соответствие инновации стратегическим приоритетам компании.
2. Организация и реализация — качество процессов внедрения и управления изменениями.
3. Анализ рисков — идентификация и управление рисками инновационной деятельности.
4. Ценность результатов — экономический и социальный эффект инновации.
5. Потенциальное влияние — способность инновации трансформировать рынок [4].

Каждое измерение оценивается по набору конкретных индикаторов с использованием методов экспертных интервью, анализа документов и сравнительных исследований.

Одним из методов оценки является также проведение анкетирования руководителей и ключевых сотрудников компании (минимум 30% от вовлечённых в инновационную деятельность), которое позволяет оценить уровень цифровой вовлечённости сотрудников, наличие инновационной культуры, полноту использования функционала платформы, частоту генерации идей, прошедших на этап прототипа. Каждый из перечисленных параметров оценивается от 1 до 5 баллов.

Учёт специфики цифровых платформ предполагает оценку универсальных свойств, поддерживающих инновации:

— Масштабируемость - возможность подключения новых участников (внутренних и внешних) без перестройки,

— связность данных

— - сквозную передачу информации между подразделениями и партнёрами,

— адаптивность

— - скорость изменения логики платформы под новую бизнес-модель.

Комплексная процедура оценки состоит из нескольких этапов. Так, первый этап включает базовый анализ (1-2 месяца) - формирование выборки компаний или продуктов для оценки, сбор исходных данных о текущих темпах инновационного развития, идентификацию ключевых цифровых платформ, используемых в деятельности. На втором этапе проводятся количественные измерения (3-6 месяцев), а именно расчет показателей операционной эффективности платформы, мониторинг рыночных метрик, применение эконометрических моделей для выявления эффектов. Третий - этап качественной оценка (2-3 месяца) – систематизирует проведение экспертных интервью с разработчиками и пользователями платформы, оценку подрывного потенциала по пяти измерениям, анализ кейсов успешных и неуспешных инноваций на платформе [2]. На следующих этапах происходит подсчет и анализ количественных и качественных данных, разработка стратегий решения выявленных проблем. Для сбора и визуализации данных рекомендуется использовать платформы бизнес-аналитики с возможностью построения дашбордов в реальном времени.

Эффективная методика оценки должна учитывать, как внешние факторы трансформируется в инновации, проходя через призму внутренних возможностей компании и контекста среды. Методика должна быть комплексной, включать количественные и качественные метрики, а также контекстно-зависимой, то есть учитывать отрасль, размер компании, зрелость цифровой экосистемы.

Выводы

Методика подтверждает, что интеграция с цифровыми платформами сокращает временной лаг между появлением идеи и ее коммерциализацией. Основные факторы динамики - доступ к данным в реальном времени (обратная связь от пользователей, анализ трендов), снижение транзакционных издержек на поиск партнеров, ресурсов и каналов сбыта, масштабируемость инноваций без пропорционального роста внутренних затрат.

Применение методики позволяет выделить компании с «высоким темпом» (используют платформы для непрерывных итеративных улучшений) и «низким темпом» (фрагментарное или косвенное использование платформ). Разрыв в темпах между этими группами может достигать 2–3 раз в количестве внедренных за год новых продуктов/процессов [6].

Транзакционные платформы (маркетплейсы) сильнее ускоряют инновации в малом и среднем бизнесе за счет быстрого доступа к рынку. Коллаборативные и технологические платформы (GitHub, AWS, платформы IoT) дают больший эффект в крупных компаниях, снижая порог для экспериментов. Социальные и отраслевые платформы влияют на инновации в сервисе и бизнес-моделях.

Методика позволяет количественно оценить негативные эффекты - платформенную зависимость, информационный шум, конфликт правил платформы [3].

Литература

1. Бабкин А.В., Михайлов П.А. Цифровые платформы в экономике: понятие, сущность, классификация // Вестник Академии знаний. 2023. № 1(54). С. 25–36.
2. Каблашова И.В., Логунова И.В., Родионова В.Н. Методология обеспечения вовлеченности персонала в условиях цифровой трансформации предприятия // Вестник университета. 2023. № 8. С. 40–48.
3. Киряшов С.Е. Влияние ИТ-автоматизации и искусственного интеллекта на сокращение операционных затрат и повышение производительности // Молодой ученый. 2024. № 33 (532). С. 8–11.
4. Коваленко А.И. Сетевой эффект как признак доминирующего положения цифровых платформ // Современная конкуренция. 2020. Том 14. № 1(77). С. 18–37.
5. Миндлин Ю.Б. Виртуальный кластер: особенности и перспективы развития // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2023. № 1. С. 48–52.
6. Напольских Д.Л. Цифровые платформы и экосистемы как фактор кластеризации производства и инновационного развития регионов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2025. Т. 16. № 2. С. 277–297.
7. Палий Н.С. Развитие экономики цифровых платформ: мировой и отечественный опыт // Новое в экономической кибернетике. 2022. № 3. С. 153–160.
8. Пащенко И.Ю. Современный этап развития информационного общества в Российской Федерации: цифровая информация, информационные технологии и государственное управление // Административное право и практика администрирования. 2022. № 3. С. 58-68.
9. Попов Е.В., Симонова В.Л., Тихонова А.Д. Методология оценки параметров инновационной деятельности на базе цифровых платформ // Инновация. 2023. № 3 (293). С. 9-17.
10. Тодорович С. Подходы к оценке влияния цифровой трансформации на эффективность компаний // Прогрессивная экономика. 2024. № 11. С. 87–98.

A method for assessing the impact of digital platforms on the rate of innovative development of companies

Semeshkin N.I.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The modern economy is characterized by accelerated digital transformation, where digital platforms are beginning to play a key role. For companies across various industries, access to and integration with such platforms is becoming not just a competitive advantage but a prerequisite for survival. One of the main challenges is not only adapting to platform technologies but also the ability to accelerate innovation processes. However, existing approaches to assessing companies' innovative development are primarily focused on internal costs, the number of patents, or traditional performance indicators. These methods poorly account for the specific impact of digital platforms: network effects, access to external competencies, data economies of scale, and the speed of user feedback. The lack of a unified and operational methodology hinders both management decisions within firms and the comparison of companies based on their level of platform-oriented innovation. This article examines the author's system of metrics and methods for assessing the development of platform ecosystems and their impact on companies' innovative activity. The proposed methodology is applied to real data, allowing for the measurement and description of the effects of digital platforms: acceleration of innovation processes, streamlining of business processes, and increased competitiveness. The results obtained can be used to support innovation in strategic management.

Keywords: assessment methodology, platform ecosystems, innovative development, digital platforms, performance indicators.

References

1. Babkin A.V., Mikhailov P.A. Digital platforms in the economy: concept, essence, classification // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2023. No. 1 (54). pp. 25–36.
2. Kablashova I.V., Logunova I.V., Rodionova V.N. Methodology for ensuring personnel engagement in the context of enterprise digital transformation // Bulletin of the University. 2023. No. 8. pp. 40–48.
3. Kiryashov S.E. The impact of IT automation and artificial intelligence on reducing operating costs and increasing productivity // Young scientist. 2024. No. 33 (532). pp. 8–11.
4. Kovalenko A.I. Network effect as a sign of the dominant position of digital platforms // Modern competition. 2020. Vol. 14. No. 1(77). Pp. 18–37.
5. Mindlin Yu.B. Virtual Cluster: Features and Development Prospects // Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law. 2023. No. 1. Pp. 48–52.

Управление международным бизнесом в России в условиях турбулентности

Новыйдарский Демьян Александрович
ассистент кафедры финансов и кредита, Российский государственный гуманитарный университет

В статье рассматриваются управленческие механизмы адаптации международного бизнеса в России в условиях турбулентности 2020–2025 гг. Основное внимание уделено решениям менеджмента, позволяющим компаниям сохранять операционную непрерывность, перестраивать цепочки поставок, управлять комплаенс-рисками, локализовать ключевые функции и поддерживать стратегическую гибкость. Цель исследования заключается в систематизации управленческих практик, применяемых международными и российскими компаниями в условиях санкционной, валютной, логистической и институциональной неопределенности. Обосновано, что устойчивость международного бизнеса определяется не только доступом к ресурсам, но и способностью управленческой системы перераспределять полномочия, формировать альтернативную сеть поставщиков, усиливать локальную автономию и внедрять цифровые инструменты мониторинга. Предложена модель управленческой адаптации, включающая стратегическую гибкость, риск-ориентированное управление, локализацию, диверсификацию партнеров, организационную перестройку и цифровизацию управленческих контуров.
Ключевые слова: международный бизнес, стратегическое управление, турбулентность, риск-менеджмент, локализация, цепочки поставок, цифровизация, санкционные ограничения.

В 2020–2025 гг. условия функционирования международного бизнеса в России существенно изменились. Если в докризисный период управление международной деятельностью компаний преимущественно строилось вокруг рыночной экспансии, оптимизации цепочек поставок и повышения операционной эффективности, то в условиях турбулентности на первый план вышли задачи сохранения непрерывности бизнеса, санкционного комплаенса, замещения критически важных поставщиков, валютной устойчивости, локализации производственных и управленческих функций.

Турбулентность внешней среды проявилась одновременно в нескольких измерениях. Во-первых, усилились санкционные ограничения, затронувшие финансовые расчеты, поставки оборудования, программного обеспечения, логистику, страхование и доступ к капиталу [1]. Во-вторых, произошла перестройка географии внешнеэкономических связей России, включая снижение роли европейского направления и усиление значения азиатских и ближневосточных партнеров [14]. В-третьих, для компаний возросла значимость институциональных рисков, связанных с изменением правил сделок с активами, раскрытия информации и взаимодействия с иностранными контрагентами [4].

Научная проблема статьи состоит в определении того, какие управленческие решения позволяют международным и российским компаниям сохранять устойчивость в условиях санкционной, валютной, логистической и институциональной турбулентности. Внешние ограничения сами по себе не объясняют различий в устойчивости компаний: решающим становится качество управленческой реакции.

Цель исследования – систематизировать управленческие механизмы адаптации международного бизнеса в России в условиях турбулентности 2020–2025 гг. В статье использованы методы анализа научной литературы по международному бизнесу, стратегическому управлению и риск-менеджменту, сравнительный анализ управленческих практик компаний, а также обобщение статистических и аналитических данных UNCTAD, ФТС, Банка России и профильных исследовательских организаций.

В научной литературе вопросы адаптации бизнеса к нестабильной среде традиционно связываются с концепциями стратегического управления, динамических способностей, институциональной теории и риск-менеджмента [3, 12]. Концепция динамических способностей объясняет, почему конкурентоспособность компании в нестабильной среде зависит от способности своевременно распознавать изменения, перераспределять ресурсы и трансформировать бизнес-модель [9, 13].

Для международного бизнеса санкции и геополитические ограничения выступают специфическим видом институционального шока. Они меняют не только условия торговли, но и институциональную рамку международной деятельности: компании вынуждены учитывать требования нескольких юрисдикций, репутационные ожидания, интересы акционеров и нормы принимающей страны [10, 11]. Поэтому реакция международной компании не сводится к выбору «уйти» или «остаться»; она включает приостановку инвестиций, продажу активов, локализацию поставок и изменение контрактной архитектуры.

Эмпирические исследования российских компаний показывают, что после санкционного шока 2022 г. наиболее распространенными реакциями стали поиск новых поставщиков, пересмотр логистических маршрутов, работа с альтернативными рынками и изменение закупочной политики [2]. С позиций управления –это означает переход от автономных функциональных вертикалей к межфункциональной модели принятия решений.

Отдельное значение имеют исследования глобальных цепочек стоимости и поставок. В современных работах подчеркивается, что геоэкономическая фрагментация усиливает значение устойчивости, стратегической автономии и диверсификации поставщиков [5, 6, 8]. Цифровые решения повышают наблюдаемость цепочек поставок, но становятся эффективными только при наличии сценарного планирования, реестров критических компонентов и регламентов принятия решений [3].

Ключевым индикатором изменения внешней среды является трансформация международной инвестиционной и торговой архитектуры. По данным UNCTAD, входящие прямые иностранные инвестиции в Россию в 2024 г. составили около 3,35 млрд долл. США, что существенно ниже значений ряда предыдущих периодов. Для менеджмента это означает

рост сложности трансграничных операций: каждая сделка с иностранным капиталом требует оценки санкционного риска, валютного режима, правового статуса контрагента и устойчивости будущих поставок.

Не менее важным индикатором выступает внешняя торговля. По расчетам Института Гайдара на основе данных ФТС, экспорт России в 2025 г. составил 418,3 млрд долл. США, что ниже уровня 2024 и 2021 гг.; импорт составил 279,0 млрд долл. США и также оказался ниже сопоставимых уровней. С позиции менеджмента эти данные показывают не только сокращение экспортно-импортных операций, но и структурную перестройку международной деятельности: меняются поставщики, валюты расчетов, логистические маршруты, сроки поставок и структура товарных групп.

Управленческий вывод состоит в том, что международная деятельность компаний в России перешла от модели оптимизации глобальной эффективности к модели обеспечения устойчивости. Если ранее приоритетом было снижение закупочных цен и использование наиболее эффективного глобального поставщика, то в условиях турбулентности управленческая ценность смещается к надежности поставки, юридической чистоте контрагента, возможности расчета в альтернативных валютах и способности быстро заменить звено цепочки поставок.

Таблица 1

Факторы турбулентности и управленческие риски международного бизнеса в России

Фактор турбулентности	Проявление для бизнеса	Управленческий риск	Приоритетная реакция
Санкционные ограничения	Ограничения на поставки, расчеты, технологии и сервис	Остановка операций, вторичные санкции, потеря поставщика	Комплаенс-контур, санкционный скрининг, замена контрагентов
Валютная волатильность	Изменение стоимости импортных компонентов и риски расчетов	Снижение маржинальности, нарушение бюджетов	Валютные лимиты, мультивалютные контракты, пересмотр цен
Логистические разрывы	Удлинение маршрутов, рост сроков доставки и затрат	Дефицит запасов, остановка производства	Диверсификация маршрутов, страховые запасы, мониторинг поставок
Правовая неопределенность	Изменение правил сделок с активами и раскрытия информации	Потеря контроля над активами, рост правовых издержек	Юридическое сопровождение, локальная автономия, адаптация структуры
Технологические ограничения	Недоступность оборудования, ПО, обновлений и сервиса	Технологическая зависимость, снижение качества процессов	Импортозамещение ПО, локализация компетенций, технологические партнерства

Источник: *составлено автором*

Из таблицы 1 следует, что турбулентность международного бизнеса имеет комплексную природу. Поэтому реакция менеджмента не может ограничиваться отдельной антикризисной мерой: санкционный комплаенс должен быть связан с закупочной политикой, закупочная политика – с финансовым планированием, финансовое планирование – с управлением запасами, а управление запасами – с цифровым мониторингом и сценарным прогнозированием.

Анализ научных публикаций и практики компаний позволяет выделить шесть ключевых механизмов адаптации международного бизнеса в России: стратегическую гибкость, риск-ориентированное управление, локализацию, перестройку цепочек поставок, изменение организационной структуры и цифровизацию управленческих процессов. Каждый из этих механизмов имеет самостоятельное значение, но наибольший эффект возникает при их сочетании.

Стратегическая гибкость означает способность компании отказаться от жесткой линейной стратегии и перейти к портфелю сценариев: базовому, стрессовому, санкционному, логистическому и инвестиционному. Для международных компаний это особенно важно, поскольку решения принимаются одновременно под влиянием штаб-квартиры, локального менеджмента, регуляторов разных стран и рыночных ограничений.

Риск-ориентированное управление предполагает, что риск перестает быть функцией только юридического или финансового подразделения. В условиях санкций риск встроен в каждую операцию: закупку, платеж, логистику, маркетинг, ИТ, HR и сервисное обслуживание. Поэтому повышается значение межфункциональных комитетов, регулярной оценки контрагентов и процедур быстрого согласования нестандартных решений.

Локализация выступает одним из центральных механизмов устойчивости. В управленческом смысле она не должна сводиться только к физическому производству внутри страны. Более корректно рассматривать ее как локализацию компетенций, поставщиков, сервисных функций, управленческих полномочий, данных, программных решений и продуктовой адаптации [7].

Перестройка цепочек поставок включает переход от модели just-in-time к более устойчивой модели just-in-case, при которой допускается рост запасов ради снижения риска остановки операций. Критерии оценки поставщика расширяются: кроме цены и качества учитываются санкционная чистота, устойчивость платежной инфраструктуры, наличие дублеров и гибкость контрактных условий.

Организационная перестройка проявляется в перераспределении полномочий между штаб-квартирой и локальным подразделением. Локальная команда получает большую автономию в закупках, ассортименте, кадровых решениях и взаимодействии с регуляторами, но такая автономия должна сопровождаться прозрачной системой внутреннего контроля.

Цифровизация управленческих процессов становится не только технологическим, но и организационным механизмом адаптации. По данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики в России выросли с 4,063 трлн руб. в 2020 г. до 6,673 трлн руб. в 2024 г., а предварительная оценка на 2025 г. составляет 7,104 трлн руб. Это подтверждает рост роли цифровых инструментов управления сложными цепочками поставок и операционными решениями.

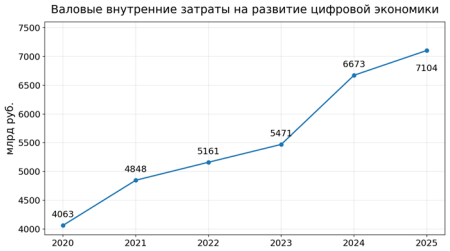


Рисунок 1 – Валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики в России в 2020–2025 гг., млрд руб.
Источник: *составлено автором по данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ*

Управленческий вывод из рисунка 1 заключается в том, что цифровизация становится инфраструктурным условием адаптации международного бизнеса. Рост затрат на цифровую экономику отражает не только развитие ИТ-сектора, но и потребность компаний в управляемости процессов: контроле запасов, мониторинге логистики, электронном документообороте, управлении закупками, аналитике поставщиков и поддержке управленческих решений.

Таблица 2

Модель управленческой адаптации международного бизнеса в России

Механизм адаптации	Содержание управленческого решения	Ожидаемый эффект	Индикаторы контроля
Стратегическая гибкость	Портфель сценариев и регулярный пересмотр стратегии	Снижение потерь при изменении внешних условий	Скорость пересмотра бюджета, наличие альтернатив
Риск-менеджмент и комплаенс	Санкционный скрининг, карта рисков, лимиты операций	Снижение юридических и финансовых потерь	Доля проверенных контрагентов, число инцидентов
Локализация	Развитие локальных поставщиков, компетенций и сервисных функций	Снижение зависимости от внешних ограничений	Доля локальных поставок, доля локального ПО
Перестройка цепочек поставок	Дублирование поставщиков, альтернативные маршруты, страховые запасы	Повышение операционной непрерывности	Срок поставки, уровень запасов, число альтернативных поставщиков
Организационная перестройка	Штабы адаптации, перераспределение полномочий, локальное управление	Ускорение принятия решений	Время реакции, число решений штаба
Цифровизация управления	ERP/CRM/SCM, аналитика данных, электронный документооборот	Повышение прозрачности процессов	Доля цифровых процессов, скорость отчетности

Источник: *составлено автором*

Представленная модель показывает, что адаптация международного бизнеса является не разовой реакцией на кризис, а постоянной управленческой способностью. Компании, которые переводят внешние ограничения в систему регламентов, цифровых инструментов, сценариев и распределенной ответственности, формируют более устойчивую управленческую архитектуру.

Практические примеры показывают, что управленческие решения компаний в России различались по глубине и направленности. Часть иностранных компаний выбрала выход или продажу активов; часть – сокращение и ожидание; часть – локализацию и сохранение операций в до-

пустимых правовых границах. Российские компании ускорили импортозамещение, перешли на новых поставщиков и усилили цифровые инструменты управления.

Показательным примером является уход McDonald's и запуск сети «Вкусно – и точка». С управленческой точки зрения кейс показывает, что при передаче бизнеса локальному владельцу ключевой задачей стало сохранение операционной системы: персонала, стандартов обслуживания, помещений, поставщиков и клиентского опыта. Управленческий результат заключается не просто в смене вывески, а в сохранении ядра операционной модели при изменении бренда и контрактной архитектуры.

Другой пример связан с автомобильной промышленностью. После приостановки деятельности Renault в России и пересмотра участия в АВТОВАЗе управленческий приоритет сместился от следования глобальной платформенной логике к воспроизводимости производства при ограниченном доступе к зарубежным компонентам и сервисам. Такая адаптация означает не только импортозамещение, но и изменение проектной логики, требований к поставщикам и структуры ответственности.

В розничной торговле, электронной коммерции, фармацевтическом и медицинском сегментах адаптация проявилась в разных формах: развитии цифрового управления запасами, прогнозировании спроса, перераспределении товарных потоков, работе с альтернативными поставщиками и обеспечении непрерывности поставок социально значимой продукции. В разных отраслях адаптация принимает разные формы, но ее основа общая: сохранить критическое ядро бизнес-модели и перестроить уязвимые элементы.

Полученные результаты позволяют уточнить содержание управления международным бизнесом в России в условиях турбулентности. Управление становится межфункциональным: экспорт, импорт, юридическое сопровождение, финансы, логистика и маркетинг должны быть связаны единой системой принятия решений. Одновременно возрастает роль локального менеджмента, поскольку именно локальные подразделения ближе к поставщикам, регуляторам, сотрудникам и потребителям.

Меняется и логика эффективности: минимизация затрат уступает место балансу между затратами и устойчивостью. Страховые запасы, альтернативные поставщики и локальные ИТ-решения могут увеличивать текущие расходы, но снижать вероятность остановки бизнеса. Цифровизация при этом остается необходимым, но недостаточным условием устойчивости: она дает данные, тогда как выбор сценария и распределение ответственности остаются управленческими задачами.

Проведенное исследование показало, что управление международным бизнесом в России в условиях турбулентности 2020–2025 гг. представляет собой не только антикризисную реакцию на санкции, но и трансформацию управленческой архитектуры компаний. Главный вызов состоит в том, что внешние ограничения одновременно затрагивают стратегию, финансы, закупки, логистику, право, технологии, персонал и отношения с потребителями.

К ключевым управленческим решениям, обеспечивающим устойчивость международного бизнеса, относятся: развитие стратегической гибкости и сценарного планирования; внедрение риск-ориентированного комплаенса; локализация поставщиков, компетенций и управленческих полномочий; перестройка цепочек поставок на основе диверсификации и страховых запасов; изменение организационных структур в пользу межфункциональных штабов и локальной автономии; цифровизация процессов контроля, планирования и аналитики.

Научная новизна статьи заключается в систематизации управленческих механизмов адаптации международного бизнеса в России и предложении модели, связывающей факторы турбулентности с решениями менеджмента и показателями контроля.

Литература

1. Земцов С. П., Баринова В. А., Михайлов А. А. Санкции, уход иностранных компаний и деловая активность в регионах России // Экономическая политика. – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 44–79.

2. Кузык М. Г., Симачев Ю. В. Стратегии адаптации российских компаний к санкциям 2022 г. // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2023. – № 3(60). – С. 172–180.

3. Силаев Н. М. Стратегическое управление цепочками поставок в эпоху геополитической турбулентности // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 10. – С. 172–187.

4. Смородинская Н. В., Катуков Д. Д. Российский санкционный кризис: концептуальные аспекты // ЭКО. – 2023. – Т. 53, № 12. – С. 8–29.

5. Сопилко Н. Ю., Кубасова Е. И., Мясникова О. Ю. Развитие интеграции Евразийского экономического союза для достижения целей устойчивого развития в контексте роста качества жизни населения // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2022. – № 1. – С. 115-125. – DOI 10.28995/2073-6304-2022-1-115-125.

6. Сопилко Н. Ю., Шамсутдинова М. Р. Глобальные цепочки создания стоимости: эффекты для интегрирующейся экономики // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 1, № 1(154). – С. 111-116. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.01.010.

7. Тополева Т. Н. Локализация производства: международный опыт и императивы России в условиях санкционного режима // Управленческие науки. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 6–20.

8. Хейфец Б. А. Геополитический регионализм и новая регионализация мировой экономики // Вестник международных организаций. – 2024. – Т. 19, № 4. – С. 7–22.

9. Du X., Wang Z. Multinationals, global value chains, and the welfare impacts of economic sanctions // Economics Letters. – 2022. – Vol. 220. – Article 110870.

10. Gaur A., Settles A., Väätänen J. Do economic sanctions work? Evidence from the Russia–Ukraine conflict // Journal of Management Studies. – 2023. – Vol. 60, № 6. – P. 1391–1414.

11. Meyer K. E., Fang T., Panibratov A. Y., Peng M. W., Gaur A. International business under sanctions // Journal of World Business. – 2023. – Vol. 58, № 2. – Article 101426.

12. Sopilko N.Y., Kovaleva E.A., Orlova A.F. [et al.] Dynamics factors and slow-response characteristics of Russian trade ties // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2017. – Vol. 8, No. 2. – P. 625-634. – DOI 10.14505/jarle.v8.2(24).33.

13. Teece D. J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of sustainable enterprise performance // Strategic Management Journal. – 2007. – Vol. 28, № 13. – P. 1319–1350.

14. Wu S., Michailova S. How trade sanctions impact MNE subsidiaries in Russia: Responses to legitimacy concerns and performance. Journal of World Business, 2025, vol. 60, no. 5, article 101664.

International business management in russia under turbulence

Novydarsky D.A.

Assistant Professor of Department of Finance and Credit

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines managerial mechanisms for adapting international business in Russia to the turbulence of 2020–2025. The focus is placed on management decisions that enable companies to maintain operational continuity, reconfigure supply chains, manage compliance risks, localize key functions and preserve strategic flexibility. The purpose of the study is to systematize managerial practices used by international and Russian companies under sanctions, currency, logistics and institutional uncertainty. It is argued that business resilience is determined not only by access to resources, but also by the ability of the management system to redistribute authority, build an alternative supplier network, strengthen local autonomy and implement digital monitoring tools. The article proposes a model of managerial adaptation that includes strategic flexibility, risk-oriented management, localization, partner diversification, organizational restructuring and digitalization of management processes.

Keywords: international business, strategic management, turbulence, risk management, localization, supply chains, digitalization, sanctions restrictions.

References

1. Zemtsov S. P., Barinova V. A., Mikhailov A. A. Sanctions, exit of foreign companies and business activity in the Russian regions. Economic Policy, 2023, vol. 18, no. 2, pp. 44–79.

2. Kuzyk M. G., Simachev Yu. V. Strategies of Russian companies to adapt to the 2022 sanctions. Journal of the New Economic Association, 2023, no. 3(60), pp. 172–180.

3. Silaev N. M. Strategic supply chain management in an era of geopolitical turbulence. Progressive Economy, 2025, no. 10, pp. 172–187.

4. Smorodinskaya N. V., Katukov D. D. Russian sanctions crisis: conceptual aspects. ECO, 2023, vol. 53, no. 12, pp. 8–29.

5. Sopilko N. Y., Kubasova E. I., Myasnikova O. Y. Development of the integration of the Eurasian Economic Union to achieve sustainable development goals in the context of improving the quality of life of the population // Bulletin of the RSUH. Series: Economics. Management. Law. – 2022. – no. 1. – pp. 115-125. – DOI 10.28995/2073-6304-2022-1-115-125.

6. Sopilko N. Y., Shamsutdinova M. R. Global value chains: effects for an integrating economy // Economics and Management: Problems, Solutions. – 2025. – Vol. 1, no. 1 (154). – pp. 111-116. - DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.01.010.

7. Topoleva T. N. Localization of production: international experience and imperatives of Russia under sanctions. Management Sciences, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 6–20.

8. Kheyfets B. A. Geopolitical regionalism and new regionalization of the world economy. International Organisations Research Journal, 2024, vol. 19, no. 4, pp. 7–22.

9. Du X., Wang Z. Multinationals, global value chains, and the welfare impacts of economic sanctions // Economics Letters. – 2022. – Vol. 220. – Article 110870.

10. Gaur A., Settles A., Väätänen J. Do economic sanctions work? Evidence from the Russia–Ukraine conflict // Journal of Management Studies. – 2023. – Vol. 60, № 6. – P. 1391–1414.

11. Meyer K. E., Fang T., Panibratov A. Y., Peng M. W., Gaur A. International business under sanctions // Journal of World Business. – 2023. – Vol. 58, № 2. – Article 101426.

12. Sopilko N.Y., Kovaleva E.A., Orlova A.F. [et al.] Dynamics factors and slow-response characteristics of Russian trade ties // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2017. – Vol. 8, No. 2. – P. 625-634. – DOI 10.14505/jarle.v8.2(24).33.

13. Teece D. J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of sustainable enterprise performance // Strategic Management Journal. – 2007. – Vol. 28, № 13. – P. 1319–1350.

Метрика верности намерения для оценки качества систем модификации цифровых двойников на основе естественного языка

Азеева Ануза Анваровна
магистрант, кафедра Механики и процессов управления, РУДН им. Патриса Лумумбы

Задача оценки систем, которые по команде на естественном языке вносят изменения в цифровой двойник геометрического объекта, принципиально отличается от оценки систем генерации трёхмерных моделей. Релевантный критерий — не геометрическая близость результата к эталону, а то, были ли выполнены именно те изменения, которые запросил пользователь. В настоящей работе предложена метрика верности намерения (МВН), измеряющая долю ожидаемых атомарных изменений семантического графа, корректно произведённых системой, с разбивкой на структурный, атрибутивный и топологический компоненты. Разработана таксономия запросов модификации по трём осям: тип операции, область действия, степень определённости. Предложена методология воспроизводимого бенчмарка и проведён сравнительный эксперимент с 14 языковыми моделями, подтверждающий систематическое расхождение МВН и геометрических метрик.

Ключевые слова: цифровые двойники, оценка качества, естественно-языковые запросы, семантическая точность, бенчмарк, большие языковые модели.

1. Введение

Цифровой двойник (ЦД) геометрического объекта представляется в настоящей работе как семантический граф — структура, в которой узлы соответствуют именованным функциональным элементам модели (помещениям, компонентам, трубам и т.п.), а рёбра кодируют отношения между ними (вложенность, соединение, функциональная зависимость). Автоматическое применение пользовательских команд на естественном языке к такому графу — перспективное направление снижения порога входа в системы проектирования и технического обслуживания [1, 2]. Практическое препятствие на пути к этой цели — отсутствие адекватного инструментария оценки качества.

Существующие работы по автоматической работе с трёхмерными моделями оценивают системы через геометрическую близость результата к эталону: меры расстояния между облаками точек поверхностей, совпадение геометрических примитивов, долю синтаксически некорректных выводов [3, 4]. Эти метрики разработаны для задачи генерации объекта из текстового описания. В задаче модификации они неприменимы: изменение функционального атрибута или переключение ребра в графе не меняет геометрию объекта, и такая метрика покажет нулевое отклонение вне зависимости от того, выполнил ли запрос систему правильно или нет.

Настоящая работа вносит следующий вклад: (1) предложена метрика МВН, формально оценивающая покрытие ожидаемых изменений цифрового двойника; (2) разработана трёхосная таксономия запросов модификации; (3) сформирован воспроизводимый бенчмарк с вручную составленными эталонами.

2. Существующие подходы и их ограничения

Системы генерации параметрических CAD-моделей по тексту используют три основные метрики. Первая — расстояние Чэмфера (Chamfer Distance): с поверхностей сравниваемых трёхмерных тел сэмплируется фиксированное число точек (в Text2CAD — 2048 [3]), после чего для каждой точки одного облака находится ближайшая точка другого; среднее этих расстояний служит мерой геометрической близости. Вторая — F1-мера по геометрическим примитивам: F1 вычисляется по линиям, дугам, окружностям и операциям экструзии с применением алгоритма венгерского назначения для сопоставления предсказанных и эталонных контуров [3]. Третья — Invalidity Ratio (IR): доля сгенерированных последовательностей, которые не компилируются в валидную CAD-модель [3]. Те же три метрики воспроизводятся в последующих работах: CADFusion [4] дополняет набор Coverage (долей реальных образцов, покрытых сгенерированными) и расхождением Йенсена–Шеннона (JSD); PR-CAD [5] и Text-to-CadQuery [6] вводят автоматическую оценку языковой моделью в роли судьи (VLM-Eval и Gemini 2.0 Flash соответственно). Все эти метрики объединяет одно принципиальное ограничение: они сравнивают итоговые геометрические состояния целиком, не учитывая структуру запроса. Для вычисления расстояния Чэмфера необходим трёхмерный рендеринг; метрика принципиально нечувствительна к изменениям, не затрагивающим геометрию объекта — переключению рёбер графа или присвоению функциональной роли узлу.

Расстояние редактирования графа (Graph Edit Distance, GED) — минимальное число операций вставки, удаления и замены узлов и рёбер, переводящих один граф в другой, — теоретически лишено геометрических ограничений и реагирует на структурные изменения. Однако вычисление точного GED является NP-трудной задачей [7], а аппроксимация — APX-трудной [8]. Классические эвристики — A*-GED, алгоритм Мункреса (Hungarian), IPFP (Iterative Proximity Function Projection) — работают за $O(n^3)$ и практически неприменимы уже при нескольких десятках узлов [7, 9]. Нейросетевые методы аппроксимации GED (SimGNN, GREED, GraphEdX и др. — обзор в [9]) обходят NP-трудность ценой эвристических допущений: большинство предполагают единичную стоимость всех операций — нереалистичное упрощение для инженерных графов, где удаление несущего элемента несравнимо «дороже» изменения скалярного атрибута [10]. Главное же ограничение для нашей задачи состоит в другом: GED сравнивает два конечных состояния целиком, не принимая во внимание целевую зону запроса. Ошибка внутри запрошенной зоны и незапрошенное изменение за её пределами штрафуются одинаково, хотя по смыслу это различные сбои системы.

Применение языковой модели в качестве автоматического судьи — VLM-Eval в [5] и Gemini 2.0 Flash в роли судьи в [6] — позволяет оценить соответствие результата инструкции там, где геометрические метрики слепы. Однако такая оценка невоспроизводима: результат зависит от версии модели-судьи, системного промпта и температуры генерации; кроме того, верификация инженерного решения требует детерминированной проверки конкретных атрибутов и рёбер графа, а не субъективного суждения.

3. Таксономия запросов модификации

Прежде чем формализовать метрику, необходимо описать пространство запросов, которые она должна охватывать. Любое изменение цифрового двойника затрагивает его граф по одному из трёх механизмов.

Структурные изменения меняют состав узлов: «добавь колонну», «удали перегородку», «замени болт M12 на M16». Атрибутивные изменения меняют значение свойства существующего узла: «увеличь толщину стены до 0.3 м», «задай класс огнестойкости EI 60». Топологические изменения меняют рёбра между узлами, не трогая их состав: «соедини трубу T3 с насосом P1 напрямую, в обход клапана V2», «перенеси дверной проём в другую стену». Все три типа могут сочетаться в одном запросе, однако каждый компонент-изменение принадлежит ровно одному типу — это свойство используется в формуле MBH.

Дополнительно каждый запрос характеризуется областью действия (локальная — один элемент; каскадная — изменение влечёт обновление смежных; глобальная — весь объект) и степенью определённости (точная — значение задано явно; приблизительная — задано лишь направление; контекстная — значение выводится из состояния модели). Эти два признака влияют на допуск при проверке совпадения, но не на саму структуру формулы.

4. Метрика верности намерения (MBH)

4.1 Основные определения

Пусть q — запрос пользователя на естественном языке, G — исходный граф цифрового двойника до внесения изменений, G' — граф, полученный после применения ответа системы. Введём два ключевых объекта.

Эталонная дельта ΔGT(q) — вручную размеченное множество атомарных изменений, которые минимально и полно реализуют запрос q. Атомарным называется неделимое изменение ровно одного элемента графа (узла или ребра). Каждое изменение δ принадлежит одному из трёх типов: δ(struct) — добавить, удалить или заменить узел; δ(attr) — изменить значение одного атрибута одного узла; δ(topo) — добавить или удалить ребро. Дельта модели ΔM(q) — множество фактических изменений, извлечённых из ответа оцениваемой системы при обработке запроса q на графе G.

Предикат match(δ', δ) определяет, покрывает ли фактическое изменение δ' ∈ ΔM ожидаемое δ ∈ ΔGT:

- для δ(struct): совпадают тип операции (add/delete/replace) и тип узла; идентификатор узла — если задан в эталоне;
- для δ(attr): совпадают идентификатор узла и имя атрибута; числовые значения — с допуском |val'−val|/|val| ≤ ε(C), где val — эталонное значение, val' — значение из ответа модели, ε(C) определяется степенью определённости: ε = 0.05 для точных, ε = 0.10 для контекстных, ε = 0.30 для приблизительных; категориальные атрибуты — точное совпадение;
- для δ(topo): совпадают тип операции, идентификатор источника, идентификатор цели и тип ребра.

4.2 Формула

Для каждой компоненты c ∈ {struct, attr, topo} определим вспомогательное множество Hit_c(q) — подмножество эталонных изменений типа c, каждое из которых система выполнила хотя бы один раз корректно:

$$Hit_c(q) = \{\, \delta \in \Delta GT_c(q) \mid \exists\, \delta' \in \Delta M(q) : match(\delta', \delta) \,\}.$$

Компонентная метрика MBH_c(q) — доля ожидаемых изменений типа c, корректно выполненных системой. Числитель |Hit_c(q)| — количество покрытых эталонных изменений, знаменатель |ΔGT_c(q)| — общее число ожидаемых изменений данного типа:

$$\mathrm{MBH}_{c(q)} = \frac{|Hit_{c(q)}|}{|\Delta GT_{c(q)}|}, c \in \{struct, attr, topo\}. \quad (1)$$

Метрика принимает значения в [0, 1]: числитель не превышает знаменатель, поскольку Hit_c(q) ⊆ ΔGT_c(q). Значение 1 означает, что все ожидаемые изменения данного типа выполнены; 0 — ни одно не выполнено. Если |ΔGT_c(q)| = 0 (запрос не предполагает изменений типа c), компонента исключается из взвешенного среднего формулы (2).

Итоговая метрика MBH(q) взвешивает три компоненты, активные для данного запроса (w_struct = 0.4, w_attr = 0.3, w_topo = 0.3):

$$\mathrm{MBH}(q) = 0.4 \cdot \mathrm{MBH_}struct(q) + 0.3 \cdot \mathrm{MBH_}attr(q) + 0.3 \cdot \mathrm{MBH_}topo(q). \quad (2)$$

Коэффициент 0.4 для структурной компоненты отражает более тяжёлые последствия структурных ошибок: пропущенное добавление или удаление узла нарушает топологическую связность смежных рёбер. MBH(q) ∈ [0, 1]; значение 1 достигается тогда и только тогда, когда Hit_c = ΔGT_c для всех активных компонент. Атрибутивные и топологические ошибки, как правило, изолированы.

4.3 Дополнительные метрики

Метрика избыточности ER(q) (Excess Rate) измеряет, насколько много незапрошенных изменений вносит система. Числитель |ΔM(q) \ ΔGT(q)| — количество фактических изменений, не входящих в эталон; знаменатель |ΔGT(q)| — нормировочный множитель, равный суммарному числу ожидаемых изменений:

$$ER(q) = \frac{|\Delta M(q) \setminus \Delta GT(q)|}{|\Delta GT(q)|}. \quad (3)$$

ER = 0 означает, что система не вносила незапрошенных изменений; ER > 1 — число лишних изменений превысило число ожидаемых (ER не ограничен сверху). MBH и ER образуют диагностическую пару: MBH отвечает на вопрос «всё ли нужное сделано?», ER — «сделано ли лишнее?». Высокий MBH при высоком ER — перевыполнение; низкий MBH при низком ER — пассивность системы.

Форматная метрика FSR (Format Success Rate) — доля запросов, на которые система вернула синтаксически корректный JSON-ответ с первой попытки, без итеративной коррекции: FSR = |{q: ответ(q) валиден на итерации 1}| / |Q|, где Q — весь набор запросов. FSR ∈ [0, 1]. Метрика диагностирует форматные ошибки независимо от семантических: система может давать синтаксически корректные, но семантически неверные ответы (высокий FSR, низкий MBH) — и наоборот.

5. Бенчмарк: методология и результаты

5.1 Тестовые объекты

Для апробации предложенного подхода разработан авторский бенчмарк на основе планировок жилых помещений — наглядного и компактного подкласса геометрических цифровых двойников. Выбор обусловлен тремя соображениями: задача семантически ясна для ручной разметки эталонов; граф компактен (10–20 семантических узлов на объект); планировки достаточно представительны для проверки всех типов операций таксономии, в том числе топологических изменений (соединение помещений, перенос дверных проёмов).

Для анализа использован датасет ResPlan [11] – открытый корпус детализированных планировок жилья с аннотациями архитектурных элементов и функциональных зон. Каждая планировка представлена в формате JSON, совместимом с принятой схемой графа. Из корпуса отобрано 10 планировок. Планировки хранятся в формате JSON-графа: узлы — помещения, стены, проёмы; рёбра — отношения вложенности и смежности. NL-запросы и эталонная разметка составлены полуавтоматически: генерация с помощью моделей SOTA, затем ручная правка.

5.2 Запросы и протокол аннотации

Набор включает 360 запросов на русском языке, составленных вручную по матрице таксономии: каждый тип операции (структурная, атрибутивная, топологическая, функциональная) представлен во всех трёх степенях определённости (точная, приблизительная, контекстная). Для каждого запроса вручную составлен эталонный ответ ΔGT в формате JSON-дельты — явный перечень ожидаемых атомарных изменений с идентификаторами узлов, именами атрибутов, значениями и типами рёбер. Параметр допуска ε фиксируется в эталоне в соответствии со степенью определённости запроса.

Протокол запуска: единый системный промпт для всех моделей («вернуть JSON-дельту изменений и только её»), не более 3 итераций самокоррекции при форматной ошибке. Вычисление MBH, ER и FSR производится детерминированным Python-скриптом без привлечения языковой модели-судьи.

6. Сравнительный эксперимент

В эксперименте участвовали 14 языковых моделей, охватывающих широкий спектр архитектур и размеров: от малых (Llama-3.1-8B, GPT-4o-mini) до крупных (GLM-4.6-357B), включая как открытые, так и проприетарные системы. Итоговый объём — 5040 вызовов (360 запросов × 14 моделей). Результаты для репрезентативной выборки моделей приведены в Таблице 1.

Эксперимент выявил три устойчивых закономерности. Во-первых, наблюдается иерархия сложности по типу операции: атрибутивные запросы выполняются значительно лучше остальных (MBH_attr 0,12–

0,64), тогда как топологические запросы остаются практически неразрешёнными большинством моделей (MBH_topo ≤ 0,10 у 12 из 14 моделей). Во-вторых, форматная корректность не гарантирует семантическую верность: при FSR ≥ 0,97 у 11 моделей среднее MBH не превысило 0,24 ни у одной из них. В-третьих, все модели демонстрируют систематическое перевыполнение запросов: ER ≥ 0,53 у всех участников, что указывает на склонность языковых моделей вносить незапрошенные изменения в граф.

Таблица 1
Результаты сравнительного эксперимента (выборка моделей)

Модель	MBH	MBH_attr	MBH_topo	ER	FSR
Llama-3.3-70B	0,243	0,569	0,100	0,634	0,983
Claude-4-Sonnet	0,211	0,644	0,067	0,961	1,000
Qwen2.5-32B	0,204	0,524	0,078	0,720	1,000
GPT-4o	0,178	0,572	0,033	0,846	1,000
Gemini-2.5-Flash	0,162	0,450	0,000	0,643	0,903
DeepSeek-Chat	0,046	0,117	0,000	0,812	1,000

6. Заключение

Предложена метрика MBH, измеряющая, в какой доле ожидаемых по запросу изменений семантического графа система отработала корректно. В отличие от мер геометрической близости, MBH работает без трёхмерного рендеринга, знает целевую зону каждого запроса и фиксирует ошибки в топологических и функциональных изменениях — классе запросов, принципиально невидимом для геометрических метрик. Метрика детерминирована, воспроизводима и допускает компонентный анализ ошибок по трём типам изменений.

Разработана методология воспроизводимого бенчмарка и проведён сравнительный эксперимент с 14 языковыми моделями на авторском датасете планировок жилых помещений. Эксперимент подтверждает центральный тезис: геометрическая корректность результата не является достаточным критерием качества семантической трансляции. Выявленная иерархия сложности запросов по таксономии — атрибутивные >> функциональные > структурные > топологические — указывает на конкретные классы задач, требующие специальных методов обучения и оценки.

Направления дальнейших исследований: расширение бенчмарка на объекты из смежных доменов (BIM, механические сборки, инженерные сети); независимая аннотация эталонов несколькими экспертами для оценки межэкспертного согласия; применение метрики к системам с итеративной самокоррекцией и структурной верификацией.

Литература

1. Madireddy S. et al. Automated BIM Compliance Checking through LLM, Deep Learning and Ontology // Buildings. – 2024. – № 7.
2. Large Language Models for Computer-Aided Design: A Survey // arXiv: 2505.08137. – 2025.
3. Khan M.S., Sinha S., Sheikh T.U., Stricker D., Ali S.A., Afzal M.Z. Text2CAD: Generating Sequential CAD Designs from Beginner-to-Expert Level Text Prompts // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2024. – P. 7552–7579.
4. Liu Z. et al. CADFusion: Text-to-CAD Generation Through Infusing Visual Feedback in Large Language Models // arXiv: 2501.19054. – 2025.
5. He Z. et al. PR-CAD: Progressive Refinement for Unified Controllable and Faithful Text-to-CAD Generation with Large Language Models // arXiv: 2604.19773. – 2025.
6. Text-to-CadQuery: A New Paradigm for CAD Generation with Scalable Large Model Capabilities // arXiv: 2505.06507. – 2025.
7. Blumenthal D.B., Boria N., Gamper J., Bougleux S., Brun L. Comparing Heuristics for Graph Edit Distance Computation // VLDB Journal. – 2020. – № 1. – P. 419–458.
8. Sansford H., Richardson N., Maretic H.P., Saada J.N. GraphEval: A Knowledge-Graph Based LLM Hallucination Evaluation Framework // Proceedings of the 1st KiL Workshop at KDD. – 2024.
9. Xu M., Chang L. Graph Edit Distance Estimation: A New Heuristic and A Holistic Evaluation of Learning-based Methods // Proc. ACM on Management of Data (SIGMOD). – 2025. – № 3.
10. Leonardi F. et al. GEDAN: Learning the Edit Costs for Graph Edit Distance // arXiv: 2508.03111. – 2025.
11. Abouagour M., Garyfallidis E. ResPlan: A Large-Scale Vector-Graph Dataset of 17,000 Residential Floor Plans // arXiv. — 2025. — arXiv:2508.14006. — URL: https://arxiv.org/abs/2508.14006

Intention fidelity metric for assessing the quality of digital twin modification systems based on natural language

Azeeva A.A.
RUDN University named after Patrice Lumumba

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, □20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Evaluating systems that modify digital twin graphs via natural language commands requires a different criterion than evaluating 3D generation systems: the relevant question is whether the requested changes were correctly executed, not whether the result is geometrically close to a reference. We propose the Intent Fidelity Metric (IFM), measuring the fraction of expected atomic graph changes correctly executed by the system, decomposed into structural, attributive, and topological components. We develop a three-axis taxonomy of modification intents, a reproducible benchmark methodology, and report a comparative experiment across 14 language models confirming a systematic divergence between IFM and geometric metrics.

Keywords: digital twins, quality evaluation, natural language interfaces, intent fidelity, modification taxonomy, benchmark, large language models.

References

1. Madireddy S. et al. Automated BIM Compliance Checking through LLM, Deep Learning and Ontology // Buildings. – 2024. – No. 7.
2. Large Language Models for Computer-Aided Design: A Survey // arXiv: 2505.08137. – 2025.
3. Khan M.S., Sinha S., Sheikh T.U., Stricker D., Ali S.A., Afzal M.Z. Text2CAD: Generating Sequential CAD Designs from Beginner-to-Expert Level Text Prompts // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2024. – P. 7552–7579.
4. Liu Z. et al. CADFusion: Text-to-CAD Generation Through Infusing Visual Feedback in Large Language Models // arXiv: 2501.19054. – 2025.
5. He Z. et al. PR-CAD: Progressive Refinement for Unified Controllable and Faithful Text-to-CAD Generation with Large Language Models // arXiv: 2604.19773. – 2025.
6. Text-to-CadQuery: A New Paradigm for CAD Generation with Scalable Large Model Capabilities // arXiv: 2505.06507. – 2025.
7. Blumenthal D.B., Boria N., Gamper J., Bougleux S., Brun L. Comparing Heuristics for Graph Edit Distance Computation // VLDB Journal. – 2020. – No. 1. – P. 419–458.
8. Sansford H., Richardson N., Maretic H.P., Saada J.N. GraphEval: A Knowledge-Graph Based LLM Hallucination Evaluation Framework // Proceedings of the 1st KiL Workshop at KDD. – 2024.
9. Xu M., Chang L. Graph Edit Distance Estimation: A New Heuristic and A Holistic Evaluation of Learning-based Methods // Proc. ACM on Management of Data (SIGMOD). – 2025. – No. 3.
10. Leonardi F. et al. GEDAN: Learning the Edit Costs for Graph Edit Distance // arXiv: 2508.03111. – 2025.
11. Abouagour M., Garyfallidis E. ResPlan: A Large-Scale Vector-Graph Dataset of 17,000 Residential Floor Plans // arXiv. - 2025. - arXiv:2508.14006. — URL: https://arxiv.org/abs/2508.14006

Методы и архитектура реализации автономной системы распознавания и перевода речи во встраиваемых устройствах на основе искусственного интеллекта

Аушев Апти Ахметович
старший преподаватель, кафедра «Информационные системы и технологии», Ингушский государственный университет, aptiaushev99@gmail.com,

Цуроев Илез Магометович
старший преподаватель, кафедра «Информационные системы и технологии», Ингушский государственный университет, ilez.tsuroev@internet.ru,

Катиева Лиза Магометовна
старший преподаватель, кафедра «Информационные системы и технологии», Ингушский государственный университет, lizakotieva13@gmail.com,

Евлоев Ибрагим Темерланович
ассистент, кафедра «Информационные системы и технологии», Ингушский государственный университет, ibragim-evloev006@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы интеграции технологий искусственного интеллекта во встраиваемые системы на примере разработки автономной системы распознавания и перевода речи. Целью исследования является создание архитектурного решения, обеспечивающего выполнение полного цикла обработки речевых данных непосредственно на встраиваемом устройстве без использования внешних вычислительных ресурсов и сетевой инфраструктуры. В качестве методов использованы подходы обработки речевых сигналов, основанные на применении нейросетевых моделей распознавания речи и алгоритмов языковой обработки, адаптированных для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.
Реализация выполнена на базе микрокомпьютера Orange Pi с применением офлайн-моделей, что позволило обеспечить автономность функционирования системы и обработку данных в реальном времени. В ходе исследования особое внимание уделено оптимизации вычислительных процессов и повышению устойчивости работы системы.
Полученные результаты демонстрируют возможность эффективного применения технологий искусственного интеллекта во встраиваемых устройствах без использования облачных сервисов. Сделан вывод о перспективности использования локальных AI-решений для создания автономных интеллектуальных систем, способных функционировать в условиях ограниченных ресурсов и отсутствия сетевого подключения.
Ключевые слова: искусственный интеллект, распознавание речи, перевод речи, встраиваемые системы, edge AI, автономные системы.

Введение

Актуальность исследования обусловлена интенсивным развитием технологий искусственного интеллекта и их внедрением в различные области науки и техники. Особое место в данном контексте занимает задача автоматического распознавания и перевода речи, являющаяся ключевым элементом интеллектуальных интерфейсов взаимодействия человека и машины. В настоящее время большинство решений в данной области реализуется с использованием облачных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение в условиях отсутствия сетевой инфраструктуры и при повышенных требованиях к конфиденциальности обрабатываемых данных.

Современные тенденции развития вычислительных систем ориентированы на перенос обработки данных на уровень периферийных устройств, что отражено в концепции edge AI. В рамках данного подхода возникает необходимость разработки алгоритмов и архитектур, обеспечивающих выполнение сложных задач обработки данных в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

Целью настоящей работы является разработка автономной системы распознавания и перевода речи, функционирующей полностью локально на встраиваемом устройстве, а также исследование её характеристик и возможностей практического применения.

Распознавание речи представляет собой многоэтапный процесс, включающий преобразование акустического сигнала в набор признаков, их последующую обработку с использованием акустических моделей и интерпретацию с применением языковых моделей. Современные подходы основаны на использовании глубоких нейронных сетей, способных эффективно моделировать сложные зависимости в аудиосигналах.

Задача перевода речи включает дополнительный этап обработки текстовой информации с применением методов обработки естественного языка. В условиях ограниченных вычислительных ресурсов особую значимость приобретают методы оптимизации моделей, включая снижение их размерности и упрощение архитектуры.

Применение офлайн-моделей позволяет исключить необходимость обращения к удалённым серверам, что обеспечивает автономность системы и повышает уровень защищённости данных.

Методология и архитектура системы

В рамках исследования разработана архитектура, обеспечивающая выполнение всех этапов обработки речевых данных непосредственно на встраиваемом устройстве. В качестве аппаратной платформы использован микрокомпьютер Orange Pi, обладающий достаточными вычислительными ресурсами для реализации задач обработки аудиосигналов.

Аудиосигнал, поступающий с микрофона, подвергается предварительной обработке и передаётся в модуль распознавания речи, реализованный на основе офлайн-модели. Полученный текст далее обрабатывается модулем перевода, что позволяет реализовать функцию преобразования речи на другой язык в реальном времени.

Отличительной особенностью предложенного решения является отсутствие необходимости передачи данных на внешний сервер. Все вычисления выполняются локально, что снижает задержки и обеспечивает устойчивость функционирования системы в условиях отсутствия сетевого соединения.

Реализация и экспериментальные результаты

Реализация системы выполнена с использованием программных средств, обеспечивающих захват аудиосигнала, его обработку и визуализацию результатов. В ходе разработки особое внимание уделялось оптимизации вычислительных процессов и снижению нагрузки на аппаратную платформу.

Проведённые эксперименты показали, что система способна выполнять распознавание и перевод речи в реальном времени с приемлемым уровнем точности. Время задержки обработки соответствует требованиям интерактивных систем, что подтверждает эффективность выбранной архитектуры.

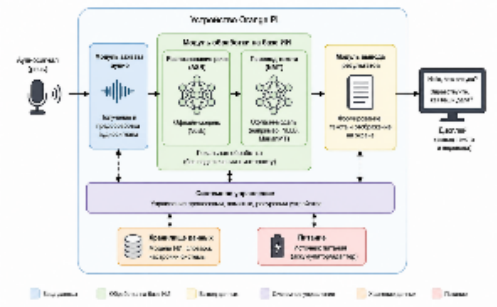


Рис.1 Архитектура разработанной системы

Результаты распознавания корректно отображаются на устройстве, что обеспечивает удобство взаимодействия пользователя с системой. Полученные данные свидетельствуют о возможности практического применения разработанного решения в условиях автономной эксплуатации.

Обсуждение результатов

Анализ полученных результатов показывает, что использование локальной архитектуры позволяет существенно повысить устойчивость системы и обеспечить её независимость от внешней инфраструктуры. В то же время ограниченные вычислительные ресурсы встраиваемого устройства накладывают определённые ограничения на точность и скорость обработки данных.

В сравнении с облачными решениями предложенный подход уступает по точности распознавания, однако обладает значительными преимуществами в части автономности, безопасности и устойчивости. Таким образом, разработанное решение представляет собой эффективный компромисс между качеством обработки и требованиями к инфраструктуре.

Научная новизна исследования заключается в разработке архитектурного подхода к реализации автономной системы распознавания и перевода речи, функционирующей полностью локально на встраиваемом устройстве. В работе предложено решение, обеспечивающее интеграцию методов искусственного интеллекта в условиях ограниченных вычислительных ресурсов без использования внешних серверов.

Дополнительный вклад заключается в адаптации алгоритмов распознавания и перевода речи к аппаратной платформе и обеспечении их работы в режиме реального времени.

Заключение

В результате проведённого исследования разработана автономная система распознавания и перевода речи, демонстрирующая возможность эффективной интеграции технологий искусственного интеллекта во встраиваемые системы. Предложенное решение обеспечивает выполнение полного цикла обработки данных непосредственно на устройстве и может быть использовано в различных прикладных задачах.

Перспективы дальнейших исследований связаны с повышением точности распознавания и перевода, оптимизацией вычислительных процессов и расширением функциональных возможностей системы.

Литература

1. ГОСТ Р 59895-2021. Технологии искусственного интеллекта. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2021.
2. Жинкин Н. И. Речь как проводник информации. — М.: Наука, 1982.
3. Кузнецов И. С. Облачные вычисления: архитектура, безопасность, применение. — М.: Горячая линия — Телеком, 2021.
4. ГОСТ Р 59276-2020. Технологии искусственного интеллекта. Классификация. — М.: Стандартинформ, 2020.
5. Воронцов К. В. Машинное обучение и анализ данных. — М.: МЦНМО, 2020.
6. Алексеев А. В., Петров С. В. Нейронные сети в задачах распознавания речи // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2022. — № 8. — С. 24–31.
7. Шаляпина Е. А. Машинный перевод и обработка естественного языка // Информатика и образование. — 2023. — № 5. — С. 45–52.
8. Ерёменко Т. А. Современные подходы к автоматическому распознаванию речи // Электронные системы и технологии : материалы 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. — Минск, 2022. — С. 230–232.
9. Смирнов Д. С. Периферийные вычисления в интеллектуальных системах // Программная инженерия. — 2021. — № 6. — С. 14–22.
10. Петров А. И., Орлов М. С. Граничные вычисления и интеллектуальные системы // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2024. — № 3. — С. 39–48.

Methods and architecture for implementing an autonomous speech recognition and translation system in embedded devices based on artificial intelligence

Aushev A.A., Tsuroev I.M., Katieva L.M., Evloev I.T.
Ingush State University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article examines the integration of artificial intelligence technologies into embedded systems using the development of an autonomous speech recognition and translation system as an example. The goal of the study is to create an architectural solution that enables the full cycle of speech data processing directly on an embedded device without the use of external computing resources or network infrastructure. The methods used include speech signal processing approaches based on neural network speech recognition models and language processing algorithms adapted for operation under limited computing resources.

The implementation was based on an Orange Pi microcomputer using offline models, ensuring autonomous system operation and real-time data processing. The study focused on optimizing computational processes and improving system stability.

The obtained results demonstrate the feasibility of effectively applying artificial intelligence technologies to embedded devices without the use of cloud services. A conclusion is drawn regarding the potential of using local AI solutions for creating autonomous intelligent systems capable of operating under limited resources and without a network connection.

Keywords: artificial intelligence, speech recognition, speech translation, embedded systems, edge AI, autonomous systems.

References

1. GOST R 59895-2021. Artificial Intelligence Technologies. Terms and Definitions. Moscow: Standartinform, 2021.
2. Zhinkin N. I. Speech as an Information Conductor. Moscow: Nauka, 1982.
3. Kuznetsov I. S. Cloud Computing: Architecture, Security, Application. Moscow: Goryachaya Liniya-Telecom, 2021.
4. GOST R 59276-2020. Artificial Intelligence Technologies. Classification. Moscow: Standartinform, 2020.
5. Vorontsov K. V. Machine Learning and Data Analysis. Moscow: MCNO, 2020.
6. Alekseev A. V., Petrov S. V. Neural Networks in Speech Recognition Problems // Bulletin of Computer and Information Technologies. — 2022. — No. 8. — P. 24–31.
7. Shalyapina E. A. Machine translation and natural language processing // Computer Science and Education. — 2023. — No. 5. — P. 45–52.
8. Eremenko T. A. Modern approaches to automatic speech recognition // Electronic systems and technologies: proceedings of the 58th scientific conference of postgraduates, master's students, and students of BSUIR. — Minsk, 2022. — P. 230–232.
9. Smirnov D. S. Edge computing in intelligent systems // Software engineering. — 2021. — No. 6. — P. 14–22.
10. Petrov A. I., Orlov M. S. Edge computing and intelligent systems // Information technology and computing systems. - 2024. - No. 3. - P. 39–48.

Переработка свинцово-цинкового концентрата гидрометаллургической обработкой в растворе азотной кислоты

Бадалов Джамолиддин Нурдинович
старший преподаватель, кафедра разработки месторождения полезных ископаемых, Горно-металлургический институт Таджикистана,
badalovjn91@mail.ru,

Исоева Азиза Толибджоновна
старший преподаватель, кафедра разработки месторождения полезных ископаемых, Горно-металлургический институт Таджикистана,
isoeva_aziza@mail.ru,

Самихзода Шонавруз Рахим
д.т.н., профессор кафедры технологии химического производства, ТНУ, samikhov72@mail.ru

В статье описаны результаты выщелачивание свинцово-цинковых концентрата месторождения Зарнисор. Рассчитаны термодинамические параметры процесса разложения и установлена температурная зависимость константы равновесия протекающих реакций. Изучены основные кинетические закономерности азотнокислотного разложения флотационного концентрата месторождения Зарнисор. Найдены оптимальные условия вскрытия свинцово-цинковых концентратов азотной кислотой: концентрация азотной кислоты – 400 г/дм^3; продолжительность процесса – 120 мин; соотношение Т:Ж = 1:6. Полученные данные дополняют банк данных по выщелачиванию свинца и цинка в растворе и расширяют область их применения.

Ключевые слова: степень извлечения, азотнокислотного разложения, термодинамические параметры, продолжительность процесса; выщелачивание свинца, свинцово-цинковые руды.

Азотнокислотное выщелачивание является одним из наиболее перспективных гидрометаллургических методов вскрытия упорных сульфидных свинцово-цинковых концентратов. Высокая эффективность данного процесса обусловлена сочетанием значительного окислительного потенциала азотной кислоты (стандартный электродный потенциал E^0=0,96 В) и высокой растворимости образующихся нитратов свинца и цинка, что принципиально отличает данный метод от сернокислотных и солянокислотных схем переработки [1,2].

Применение азотной кислоты позволяет обеспечить интенсивное окислительное разложение сульфидных минералов с переводом целевых компонентов в растворимую форму, что создает благоприятные условия для последующих операций очистки растворов и извлечения металлов.

В отличие от процессов, протекающих в среде соляной или серной кислот, азотнокислотное выщелачивание носит преимущественно окислительно-восстановительный характер. Азотная кислота выступает одновременно в роли растворителя и сильного окислителя, обеспечивая разрушение кристаллической решётки сульфидных минералов [2,3].

Наиболее изученным объектом азотнокислотного вскрытия является галенит (PbS), являющийся основным минералом свинца в полиметаллических рудах. При взаимодействии галенита с азотной кислотой в зависимости от концентрации реагента и условий процесса возможны различные направления реакции [4,5]. При недостаточном окислительном потенциале протекает реакция двойного замещения с образованием растворимого нитрата свинца и сероводорода:

$$PbS+2HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)2+H_2S\uparrow \quad (1)$$

Однако при достаточной концентрации азотной кислоты и повышенном окислительно-восстановительном потенциале процесс протекает с образованием элементарной серы, что является технологически предпочтительным, так как предотвращает выделение токсичного сероводорода:

$$3PbS+8HNO_3 \rightarrow 3Pb(NO_3)2+3S^0+2NO\uparrow+4H_2O \quad (2)$$

Аналогичным образом протекает разложение сфалерита (ZnS), который является основным минералом цинка в свинцово-цинковых рудах:

$$3ZnS+8HNO_3 \rightarrow 3Zn(NO_3)2+3S^0+2NO\uparrow+4H_2O \quad (3)$$

Образование элементной серы вместо газообразных серосодержащих продуктов существенно повышает экологическую безопасность процесса и упрощает обращение с отходами выщелачивания.

Цинк в форме сфалерита характеризуется более высокой термодинамической активностью по сравнению со свинцом, что определяет его поведение в азотнокислотных средах. Нитрат цинка $Zn(NO_3)_2$ обладает исключительно высокой растворимостью (более 1000 г/л при 20 °C), что позволяет получать высококонцентрированные растворы цинка без риска его вторичного осаждения [6-8].

Кинетика разложения сфалерита существенно зависит от температуры и концентрации азотной кислоты. Экспериментальные данные показывают, что при температуре 80–90 °C степень извлечения цинка достигает 95–98 % уже в течение 60–90 минут выщелачивания [9,10].

Следует отметить, что в азотнокислотных условиях в раствор активно переходят сопутствующие примеси, прежде всего железо (из марматита и пирита), что обуславливает необходимость последующей стадии очистки растворов, например, путем осаждения в форме гетита или ярозита.

Важным технологическим аспектом азотнокислотного выщелачивания является контроль окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) системы. При избытке азотной кислоты и повышенных температурах возможно дальнейшее окисление элементной серы до сульфат-ионов:

$$S^0 \rightarrow SO_4^{2-} \quad (4)$$

Это может привести к нежелательному осаждению сульфата свинца непосредственно в пульпе выщелачивания, что снижает извлечение свинца. Таким образом, поддержание оптимального ОВП является критическим фактором селективности и эффективности процесса.

Современные гидрометаллургические схемы, основанные на азотнокислотном выщелачивании (например, процесс Nitrox), предусматривают каталитическое использование оксидов азота [11,12].

Согласно термодинамическим расчетам, проведенным с использованием метода Темкина-Шварцмана, все компоненты взаимодействуют с азотной кислотой при различных температурах. В результате взаимодействия компонентов концентрата с азотной кислотой сначала образу-

ются свободная газ и другие побочные продукты, затем происходит разложение свинец и цинка накопившейся азотной кислотой, что способствует образованию целевого продукта.

Результаты вычислений термодинамических характеристик для процесса разложения свинцового концентрата с применением азотной кислоты обобщаются в таблице 1.

Таблица 1

Значения термодинамических функций азотнокислотного разложения свинцового концентрата

$PbS + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2S$					
T, K	298	303	313	333	353
- ΔG_r, кДж/моль	9861,1	10027,9	10361,4	11028,4	11700,4
$PbS + 4HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + S + 2NO_2 + 2H_2O$					
T, K	298	303	313	333	353
- ΔG_r, кДж/моль	10077,3	10236,4	10554,3	11190,7	11826,9
$ZnS + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2S$					
T, K	298	303	313	333	353
- ΔG_r, кДж/моль	13770,6	14494,9	14977,8	15943,5	16909,3
$ZnS + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + S + 2NO_2 + H_2O$					
T, K	298	303	313	333	353
- ΔG_r, кДж/моль	30366,9	31020,5	31907,6	33955,2	36002,8
$CuFeS_2 + 22HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + Fe(NO_3)_3 + 2H_2SO_4 + 17NO_2 + 9H_2O$					
T, K	298	303	313	333	353
- ΔG_r, кДж/моль	149149,3	151711	156835,8	167084,6	177333,4
$3CuFeS_2 + 20HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 3Fe(NO_3)_3 + 6S + 5NO + 10H_2O$					
- ΔG_r, кДж/моль	248003,5	254303,1	262345,3	279507,6	296310,1
$2CuFeS_2 + 20HNO_3 + 5H_2SO_4 = CuSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 10NO_2 + 4S + 10H_2O$					
- ΔG_r, кДж/моль	495557,9	503896,4	520573,1	553927,4	588551,4
$FeS_2 + 18HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 2H_2SO_4 + 15NO_2 + 7H_2O$					
- ΔG_r, кДж/моль	73312,9	77949,6	80623,3	85973,5	91317,7
$2FeS_2 + 30HNO_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2SO_4 + 30NO_2 + 14H_2O$					
- ΔG_r, кДж/моль	99433,5	101185,9	104690,8	111700,7	118710,5

Как показывают проведенные расчеты, все реакции протекают необратимо. Оптимальной температурой проведения процесса является 353 К. В совокупности процесс азотнокислотного разложения концентрата является экзотермическим.

Процесс взаимодействия компонентов концентрата с азотной кислотой является самопроизвольным (рисунки 1), но при этом повышение температуры по-разному действует на отдельные реакции. С повышением температуры в первой стадии при взаимодействии азотной кислоты с пиритом меди энергия Гиббса уменьшается незначительно, но при этом энергия Гиббса увеличивается во второй стадии при взаимодействии сульфида свинца и цинка с азотной кислотой. Увеличение температуры также благоприятно действует на побочные реакции (первая и вторая реакции), что увеличивает полноту разложения этих компонентов. С другой стороны, увеличение температуры неблагоприятно действует на процесс азотнокислотного разложения в целом.

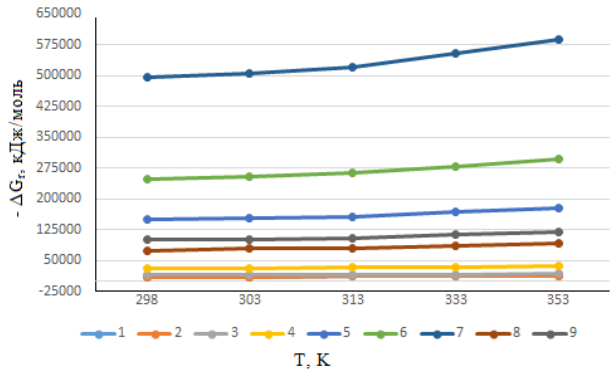


Рисунок 1. Зависимость энергии Гиббса от температуры.

Согласно данным термодинамических вычислений, проведённых с использованием метода Темкина-Шварцмана, все компоненты вступают в химическое взаимодействие с азотной кислотой при различных температурных условиях. В ходе этих реакций сначала формируются свободный газ и побочные соединения, затем под воздействием накопившейся азотной кислоты происходит разложение свинца и цинка, с дальнейшим образованием целевых соединений.

Согласно результатам проведённых вычислений, все химические реакции происходят необратимо. Наиболее подходящей температурой для осуществления процесса является 353 К. В целом, процесс разложения концентрата с использованием азотной кислоты носит экзотермический характер.

В настоящей работе изучено влияние различных факторов в широких интервалах изменения параметров на выщелачивание свинцово-цинковых концентрата месторождения Зарнисор при разных условиях, которые приведены в таблице 2.

Реакция минералов галенит-сфалеритового состава с азотной кислотой изучена в интервале температур 25 – 80 ^{0}C при концентрации HNO_3 350-400 г/дм^3. Свинцово-цинковых концентратов обрабатывали стехиометрическим количеством азотной кислоты в течение 80 мин. Извлечение свинец и цинка в раствор с повышением температуры от 25 до 80 ^{0}C изменяется следующим образом (рис. 2).

Таблица 2

Результаты изучения выщелачивание свинца и цинка из концентратов месторождения Зарнисор

№ п/п	Продол-житель-ность, мин.	Соотно-шение Т:Ж	Темпе-ра-тура, ^{0}C	Концент-рация HNO_3, г/дм^3	Содержание металлов в кеке, %		Степень извлечения металлов, %	
					Pb	Zn	Pb	Zn
1	120	1:5	25	400	37,31	2,45	35,8	30,4
2			30		28,8	1,93	51,4	45,2
3			40		20,16	1,41	67,3	60,9
4			60		9,98	0,79	83,8	78,5
5			80		3,26	0,39	94,4	88,9
6	30	1:5	80	400	27,38	1,84	52,9	47,7
7	60				17,25	1,22	70,3	65,3
8	100				7,07	0,60	87,9	82,9
9	120				3,26	0,36	94,4	89,7
10	160				3,04	0,37	94,8	89,5
11	120	1:5	80	100	38,04	2,49	34,5	29,3
12				200	24,48	1,67	57,9	52,5
13				300	12,3	0,93	78,8	73,6
14				350	5,92	0,55	89,8	84,4
15				400	2,91	0,35	95,0	90,0
16	120	1:3	80	400	29,19	1,96	49,8	44,3
17		1:4			15,4	1,11	73,5	68,5
18		1:5			4,18	0,40	92,8	88,6
19		1:6			2,96	0,37	94,9	89,5

При температуре 25 ^{0}C степень извлечения металлов составила: Pb – 35,8 % и Zn – 30,4 % соответственно. При увеличении температуры до 80 ^{0}C степень извлечения металлов заметно возрастает, составляя: Pb – 94,4 % и Zn – 88,9 %.

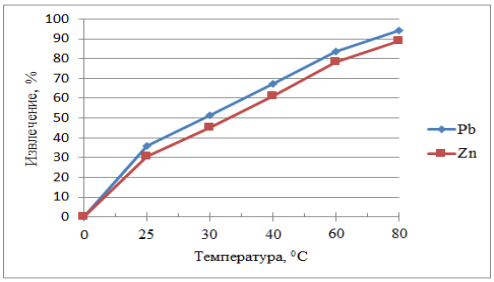


Рисунок 2. Зависимость степени извлечения свинца и цинка от температуры

В следующих опытах изучено влияние продолжительности процесса на степень извлечения свинца и цинка, входящих в состав флотаконцентрата. Результаты опытов приведены на рис.3.

Степень извлечения при 30 минут составляет: Pb – 52,9 % и Zn – 47,7 %. Как видно из рис.3., максимальная степень извлечения металлов наблюдается при продолжительности процесса 120 минут и составляет: Pb – 94,4 % и Zn – 89,7 %. Дальнейшее увеличение продолжительности процесса не привело к существенным изменениям степени разложения минералов.

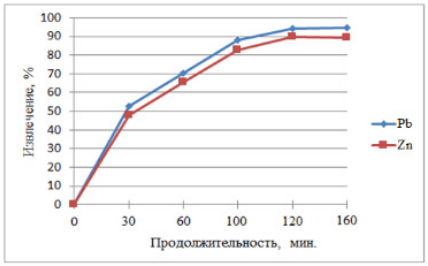


Рисунок 3. Зависимость степени извлечения свинца и цинка от продолжительности процесса

Влияние концентрации HNO_3. С целью достижения наиболее полного разложения минералов из состава концентрата изучена зависимость степени извлечения свинца и цинка от концентрации азотной кислоты (рис.4). Концентрация азотной кислоты изменялась от 100 до 400 г/дм^3. Как видно из рисунка, сульфидных минералов достаточно легко и полно разлагается при температуре 80 ^{0}C (120 мин) 63%-ной азотной кислотой. При этом максимальные значения извлечения свинца и цинка в раствор составили: Pb – 95,0 % и Zn – 90,0 %. Видимо, сопутствующие минералы в этих условиях разлагаются медленнее. При дальнейшем увеличении концентрации серной кислоты скорость разложения сульфидных минералов не изменяется.

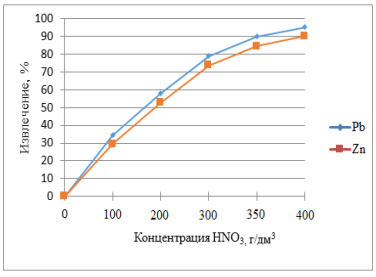


Рисунок 4. Зависимость степени извлечения свинца и цинка от концентрации кислоты

Влияние соотношения Т:Ж на процесс разложения минералов из состава концентрата (рисунок 5) исследовали при концентрация азотной кислоты 400 г/дм^3, температуре 80 ^{0}C, продолжительности процесса 120 минута. Оптимальным соотношением Т:Ж является 1:5, при котором достигнутые извлечения: Pb – 94,9 % и Zn – 89,5 %. При дальнейшем увеличении разжижения пульпы до соотношения Т:Ж = 1:6 степень извлечения свинца и цинка практически не меняется.

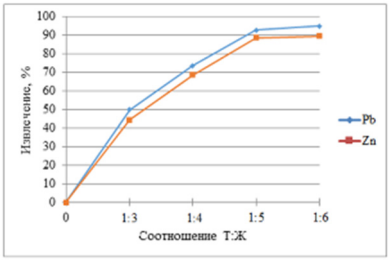


Рисунок 5. Зависимость степени извлечения свинца и цинка от соотношение Т:Ж

Исходя из результатов проведенных опытов можно рекомендовать следующие условия для азотнокислотного разложения свинцово-цинковых концентратов: температура – 80 ^{0}C; продолжительность процесса - 120 мин; концентрация азотной кислоты – 400 г/дм^3 и соотношение Т:Ж 1:5.

Литература

1. Струнников Г.С., Козьмин Ю.А. Гидрометаллургические схемы переработки свинцовых концентратов / Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 483-490.
2. Лефт, А.Л., Ливинский Д.Я., Выгода Р.М. Изучение кинетики растворимости галенита и сфалерита / Вестник АН КазССР. –1959. – №2.
3. Холмогоров, А.Г. Пашков Г.Л., Михлина Е.В., Шашина Л.В., Жижаев А.М. Активация PbS гидрометаллургической обработкой в растворе азотной кислоты / Химия для устойчивого развития - 2003. – 11. – С. 879-881.
4. Самихов Ш.Р., Бадалов Дж.Н. Азотнокислотное выщелачивание свинцово-цинковых концентратов месторождения Зарнисор. Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе том 1, – №3(49) – 2025г. – С. 60-68.
5. Солехова Г.Н, Самихов Ш.Р., Шерматов Н. Процесс моделирования азотнокислотного выщелачивания медьсодержащих концентратов месторождения Тарор / Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2024. – № 1 (65). – С. 107-112.
6. Samikhov Sh.R., Solekhova G.N., Shermatov N. Research and development of mathematical models for the process of processing gold, copper-containing concentrates / Вестник ТНУ (научный журнал). Серия естественных наук. – 2024. – № 1. – С. 131-140.
7. Зинченко З.А., Самихов Ш.Р. Комбинированная технология переработки золотосодержащей руды месторождения Чоре / Горный журнал. – 2006. – № 6. – С. 99 – 100.
8. Warren, G.W., Kim S., Henein H. The effect of chloride ion on the ferric chloride leaching of galena concentrate / Metall. Trans. B – 1987. – 15B. – P.59-69.
9. Лаптев Ю.В., Сиркис А.Л., Колонин Г.Р. Сера и сульфидообразование в гидрометаллургических процессах / – Новосибирск: Наука, 1987. – 153 с.
10. Сорокина В.С., Смирнов М.П. Гидрометаллургический способ переработки свинцового сырья ацетатными растворами / Цветные металлы. – 1990. – № 6. – С. 28-29.
11. Самихов Ш.Р., Зинченко З.А. О кинетике азотнокислотного выщелачивания концентрата месторождения Тарор / Восточно – Европейский Научный Журнал (Warszawa, Polska). – 2016. 7/4 (8). – С. 41 - 45.
12. Струнников С.Г. Козьмин Ю.А. Гидрометаллургические схемы переработки свинцовых концентратов / Химия в интересах устойчивого развития – 2005. – 13. – Р. 483 – 490.

Processing lead-zinc concentrate by hydrometallurgical treatment in nitric acid solution

Badalov J.N., Isoeva A.T., Samihzoda S.R.
Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan, TNU

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article describes the results of leaching lead-zinc concentrate from the Zarnisor deposit. The thermodynamic parameters of the decomposition process are calculated, and the temperature dependence of the equilibrium constant of the reactions is determined. The main kinetic patterns of nitric acid decomposition of flotation concentrate from the Zarnisor deposit are studied. Optimal conditions for the digestion of lead-zinc concentrates with nitric acid are found: nitric acid concentration of 400 g/dm³; process duration of 120 min; solid:liquid ratio of 1:6. The obtained data supplement the database on lead and zinc leaching in solution and expand their scope of application.

Keywords: recovery rate, nitric acid decomposition, thermodynamic parameters, process duration, lead leaching, lead-zinc ores.

References

1. **Strunnikov, S. G., & Kozmin, Yu. A.** (2005). Gidrometallurgicheskie skhemy pererabotki svintsovykh kontsentratov [Hydrometallurgical schemes for the processing of lead concentrates]. *Chemistry for Sustainable Development*, (13), 483–490.
2. **Lekht, A. L., Livinsky, D. Ya., & Vygoda, R. M.** (1959). Izuchenie kinetiki rastvorimosti galenita i sfalerita [Study of the kinetics of solubility of galena and sphalerite]. *Vestnik AN KazSSR [Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR]*, (2), 68–77.
3. **Kholmogorov, A. G., Pashkov, G. L., Mikhlina, E. V., et al.** (2003). Aktivatsiya PbS gidrometallurgicheskoy obrabotkoy v rastvore azotnoy kisloty [Activation of PbS by hydrometallurgical treatment in nitric acid solution]. *Chemistry for Sustainable Development*, 11(6), 879–881.
4. **Samikhov, Sh. R., & Badalov, J. N.** (2025). Azotnokislotnoe vyshchelachivanie svintsovo-tsinkovykh kontsentratov mestorozhdeniya Zarnisor [Nitric acid leaching of lead-zinc concentrates from the Zarnisor deposit]. *Bulletin of the Branch of Moscow State University in Dushanbe*, 1(3), 60–68.
5. **Solekhova, G. N., Samikhov, Sh. R., & Shermatov, N.** (2024). Protsess modelirovaniya azotnokislotnogo vyshchelachivaniya med'soderzhashchikh kontsentratov mestorozhdeniya Taror [Process of modeling nitric acid leaching of copper-containing concentrates from the Taror deposit]. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*, (1), 107–112.
6. **Samikhov, Sh. R., Solekhova, G. N., & Shermatov, N.** (2024). Research and development of mathematical models for the process of processing gold, copper-containing concentrates. *Vestnik TNU [Bulletin of the TNU]. Natural Sciences Series*, (1), 131–140.
7. **Zinchenko, Z. A., & Samikhov, Sh. R.** (2006). Kombinirovannaya tekhnologiya pererabotki zolotosoderzhashchey rudy mestorozhdeniya Chore [Combined technology for processing gold-bearing ore from the Chore deposit]. *Gornyi Zhurnal [Mining Journal]*, (6), 99–100.
8. **Warren, G. W., Kim, S., & Henein, H.** (1987). The effect of chloride ion on the ferric chloride leaching of galena concentrate. *Metallurgical Transactions B*, 18(1), 59–69.
9. **Laptev, Yu. V., Sirkis, A. L., & Kolonin, G. R.** (1987). *Sera i sul'fidoobrazovanie v gidrometallurgicheskikh protsessakh* [Sulfur and sulfide formation in hydrometallurgical processes]. Novosibirsk: Nauka.
10. **Sorokina, V. S., & Smirnov, M. P.** (1990). Gidrometallurgicheskiy sposob pererabotki svintsovogo syr'ya atsetatnymi rastvorami [Hydrometallurgical method of processing lead raw materials with acetate solutions]. *Tsvetnye Metally [Non-ferrous Metals]*, (6), 28–29.
11. **Samikhov, Sh. R., & Zinchenko, Z. A.** (2016). O kinetike azotnokislotnogo vyshchelachivaniya kontsentrata mestorozhdeniya Taror [On the kinetics of nitric acid leaching of the Taror deposit concentrate]. *East European Scientific Journal (Warsaw, Poland)*, 7/4(8), 41–45.
12. **Strunnikov, S. G., & Kozmin, Yu. A.** (2005). Gidrometallurgicheskie skhemy pererabotki svintsovykh kontsentratov [Hydrometallurgical schemes for the processing of lead concentrates]. *Chemistry for Sustainable Development*, (13), 483–490.

Методика формирования событийной истории фонда скважин для анализа выживаемости в задачах оптимизации планово-предупредительных ремонтов

Бородинов Максим Алексеевич
аспирант, факультет информационных технологий, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», ma.borodinov@yandex.ru

Статья посвящена вопросу подготовки событийной истории фонда нефтяных скважин для последующего применения методов анализа выживаемости при планировании планово-предупредительных ремонтов. Цель исследования состоит в разработке методики, позволяющей объединить разрозненные производственные данные о работе скважин, ремонтах, отказах и характеристиках оборудования в единую форму, пригодную для экономико-математического анализа. В работе рассматривается логика формирования эксплуатационных циклов подземного оборудования, порядок определения момента начала и окончания наблюдения, а также правила учета отказов, правого цензурирования, левой усеченности и повторных отказов по одной скважине. Отдельное внимание уделено неоднородности фонда, поскольку технические, геологические и режимные различия между скважинами напрямую влияют на риск отказа и должны быть отражены в данных. В результате предложена структура аналитической витрины, включающая идентификационные, временные, технические, эксплуатационные, исторические и стоимостные атрибуты. Такая витрина позволяет связать оценку надежности оборудования с экономическими последствиями ремонтных решений и использовать ее как информационную основу для дальнейшей оптимизации системы планово-предупредительных ремонтов.

Ключевые слова: анализ выживаемости, событийная история, фонд скважин, планово-предупредительный ремонт, структура затрат ППР, цензурирование данных, большие данные, аналитическая витрина, УЭЦН.

Введение

Управление надёжностью фонда нефтяных скважин является одной из ключевых задач операционного менеджмента в нефтегазовой отрасли. Традиционно применяемые системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) строятся на регламентном подходе, при котором периодичность обслуживания устанавливается на основе нормативных сроков, усреднённых по типам оборудования без учёта индивидуальных факторов эксплуатации [1]. Текущая ситуация приводит к тому, что мы можем ремонтировать еще работоспособное оборудование, а скважину с высоким шансом отказа игнорируем.

С экономической точки зрения система планово-предупредительных ремонтов представляет собой задачу выбора момента профилактического вмешательства при сравнении двух альтернативных сценариев эксплуатации скважины. Первый сценарий связан с выполнением планового ремонта до наступления отказа оборудования и включает затраты на проведение ремонтных работ, а также потери, обусловленные регламентным простоем скважины. Второй сценарий реализуется при отсутствии своевременного вмешательства и связан с отказом оборудования, внеплановой остановкой скважины, дополнительными потерями добычи за период ожидания ремонта и иными организационными издержками. Следовательно, появляется необходимость в оптимизации ремонтов и правильного использования ресурсов, чтобы минимизировать ожидаемые совокупные затраты за счет обоснованного выбора времени для ремонта с учётом ресурсных и календарных ограничений. Данный подход является основой разрабатываемой экономико-математической модели [2].

Ключевым инструментом для оценки вероятности отказа каждой скважины на заданном горизонте служат методы анализа выживаемости — раздел математической статистики, специально разработанный для моделирования времени до наступления события с учётом цензурированных наблюдений [3]. Однако качество любой модели выживаемости определяется прежде всего качеством входных данных. Смещение оценок функции выживания, обусловленное некорректной обработкой цензурированных наблюдений или игнорированием структурной неоднородности фонда скважин, приводит к искажению экономических расчётов: завышенная оценка риска отказа способствует избыточному назначению профилактических ремонтов, тогда как заниженная — повышает вероятность внеплановых отказов и связанных с ними потерь от ремонта и простоя.

Следовательно, без корректного формирования событийной истории фонда скважин нельзя честно оценить надёжность фонда и экономически обосновать оптимизацию системы планово-предупредительных ремонтов.

Цель данной статьи состоит в разработке методики формирования событийной истории фонда скважин, рассматриваемой как информационная основа экономико-математической модели оптимизации системы планово-предупредительных ремонтов, с учётом экономической постановки задачи, особенностей цензурирования наблюдений, неоднородности фонда и требований к структуре аналитической витрины.

1. Экономическая постановка задачи и роль данных

Необходимость проводить планово-предупредительный ремонт на фонде скважин имеет выраженную экономическую природу, на текущий момент у нас есть два сценария действий. Первый – выполнение планово-предупредительного ремонта до отказа подземного оборудования. Второй сценарий связан с продолжением эксплуатации до отказа оборудования, что влечет за собой внеплановую остановку скважины, смену приоритетов, дополнительные потери добычи нефти, увеличения времени ремонта, дополнительные потери добычи нефти.

Основные затраты указанных сценариев (на основе открытых отраслевых данных [4, 5]) представлены в таблице 1.

Из вышесказанного следует, что экономическая эффективность системы ППР определяется способностью своевременно проводить профилактический ремонт скважины, не доводя ситуацию до внепланового отказа, который увеличивает издержки компании. Таким образом, задача оптимизации ППР сводится к выбору такого момента вмешательства, при котором ожидаемые потери отказного сценария превышают затраты профилактического сценария.

Таблица 1
Сравнительная характеристика экономических последствий профилактического и отказного сценариев эксплуатации скважины

Сценарий эксплуатации	Составляющая затрат	Экономическое содержание	Типовой диапазон (усл.)
Планово-предупредительный ремонт	Затраты на плановый ремонт	Стоимость планового подъёма и замены оборудования, включая затраты на бригаду, материалы и организацию ремонта	1–5 млн руб. на одну операцию
Планово-предупредительный ремонт	Потери от планового простоя	Потери, связанные с временной остановкой скважины на период проведения профилактического ремонта	0,5–3 млн руб. / сут.
Внеплановый отказ	Затраты на внеплановый ремонт	Стоимость ремонта после отказа оборудования, сопровождаемого более высокой организационной и производственной нагрузкой	1,5–5,5 млн руб. на одну операцию
Внеплановый отказ	Потери от внепланового простоя	Потери, связанные с временной остановкой скважины на период проведения внепланового ремонта	0,5–3,5 млн руб. / сут.
Внеплановый отказ	Дополнительные производственные потери	Потери, связанные с нарушением графика работ, задержкой заезда бригады, возможным увеличением длительности ремонта и прочими организационными издержками	0,5–2 млн руб. / сут.

Для обоснованного выбора момента такого вмешательства необходима точная оценка риска отказа, получаемая на основе моделей выживаемости. Поскольку данные модели строятся на событийной истории фонда скважин, ошибки в её формировании, связанные с некорректным учётом цензурированных наблюдений, неоднородности фонда или нарушением временной структуры данных, приводят к смещению оценок риска и, как следствие, к снижению достоверности экономических расчётов в системе ППР.

Таким образом, методика формирования событийной истории — это первый шаг в цепочке от сырых данных к модели выживаемости. Далее к оценке риска, затем к плану ремонтов и в итоге – экономическому эффекту. Ошибка, допущенная на начальном этапе, отражается на каждом последующем этапе расчетов.

2. Анализ выживаемости применительно к фонду скважин: базовые понятия

Анализ выживаемости оперирует двумя ключевыми функциями, которые нас интересуют. Первая – функцией выживания, отражающей вероятность работы скважины дольше заданного момента времени. Вторая – функцией риска отказа, характеризующей условную интенсивность наступления отказа в данный момент времени при условии, что оборудование все еще в работе. Эти характеристики взаимосвязаны и могут использоваться как основа для прогнозирования риска отказа и последующего экономического анализа [3]. В последние годы применение методов анализа выживаемости для задач предиктивного обслуживания промышленного оборудования получило широкое распространение [6, 7].

Отказом скважины считается отказ подземного оборудования, установленного в скважине, вследствие которого добыча нефти прекращается. Для возобновления эксплуатации требуется проведение подземного ремонта, включающего подъем неисправного оборудования и спуск исправного. Времени работы оборудования соответствует межремонтный период (МРП), рассчитываемый от даты запуска оборудования после ремонта до даты следующего отказа.

Цензурирование представляет собой неполноту информации о времени наступления события – отказа подземного оборудования. Принято выделять три типа цензурирования. Правое, при котором событие не наступило к моменту окончания наблюдения. Левое, при котором событие произошло до начала наблюдения, но точное время его наступления неизвестно. Третье - интервальное, при котором известно, что событие произошло в пределах определённого временного промежутка. Для эксплуатационного фонда скважин характерно правое цензурирование, возникающее при анализе скважин, продолжающих работу на момент завершения периода наблюдения. Игнорирование таких наблюдений приводит к тому, что в выборке остаются преимущественно интервалы, завершившиеся отказом, тогда как более длительные периоды безотказной работы не учитываются. В результате межремонтный период оценивается как менее продолжительный, чем в действительности, что ведёт к завышению частоты профилактических ремонтов.

3. Источники данных и их характеристика

Формирование событийной истории фонда скважин требует интеграции данных из нескольких источников. Они различаются по структуре, полноте данных и частоте их обновления. В текущей статье выделены четыре основных класса таких источников.

Первый класс – это системы оперативного производственного учёта, которые содержат суточные записи о режиме работы, дебитах жидкости и нефти, обводнённости, пластовом и забойном давлении. Большинство данных автоматизированы, однако содержат пропуски в периоды остановок, и артефакты при выводе скважины на режим.

База данных ремонтов (КРС, ПРС) содержат информацию о датах начала и окончания ремонта, причину остановки и проводимые мероприятия при ремонте скважины.

Данные телеметрии (SCADA, системы мониторинга ЭЦН) предоставляют записи об электротехнических параметрах оборудования, давлении на приёме и выкиде насоса, температуре и вибрации [8]. Из-за высокой частоты регистрации данных перед включением в событийную историю усредняются до суточного уровня.

Паспортные данные содержат характеристики скважины и установленного в ней оборудования: тип и типоразмер насоса, глубину спуска, параметры пласта, а также сведения о проведённых геолого-технических мероприятиях. Данная информация используется для учёта неоднородности фонда и последующей стратификации наблюдений.

4. Методика построения событийной истории

4.1. Единица наблюдения и алгоритм формирования записей

Единицей наблюдения в исследовании является эксплуатационный цикл подземного оборудования — интервал времени от ввода скважины в эксплуатацию после ремонта до наступления следующего отказа либо до момента цензурирования. Для одной скважины в выборке может быть сформировано несколько наблюдений, соответствующих последовательным межремонтным периодам.

Формирование событийной истории включает четыре последовательных этапа.

На первом этапе по данным о ремонтах реконструируется временная шкала эксплуатации каждого подземного оборудования по скважине и формируется хронологическая последовательность эксплуатационных циклов с указанием даты запуска, даты отказа и порядкового номера интервала.

На втором этапе для каждого цикла определяется исход наблюдения: отказ или цензурирование; при наличии цензуры дополнительно фиксируется её причина.

На третьем этапе рассчитывается продолжительность каждого эксплуатационного цикла в календарных сутках.

На четвёртом этапе каждому циклу присваиваются технические и эксплуатационные характеристики скважины, актуальные с момента начала рассматриваемого цикла.

Соблюдение хронологии эксплуатации по каждой скважине обеспечивает корректность и точность дальнейшего анализа и исключает включение информации, которая недоступна в начальный момент наблюдения.

4.2. Обработка повторных отказов и левой усечённости

Повторные отказы по одной и той же скважине требуют специальных правил при построении модели. После ремонта, при котором производили замену подземного оборудования, последующий период работы рассматривается как новый цикл эксплуатации, для которого отсчёт времени до отказа начинается заново. Также вероятность отказа зависит от особенностей самой скважины – вынос механических примесей, склонность к солеотложениям и другие осложняющие факторы. Следовательно, при моделировании необходимо учитывать индивидуальные различия между скважинами [9].

Необходимо отметить скважины, эксплуатация которых началась до старта аналитического периода. Для данных наблюдений используется выборка с левой усечённостью, так как к моменту начала наблюдения объект уже в эксплуатации в течение определенного времени. Для таких скважин наблюдение начинается с даты начала аналитического периода

5. Управление неоднородностью фонда

Фонд скважин характеризуется неоднородностью по нескольким ключевым направлениям. Во-первых, тип подземного оборудования (ЭЦН, ШГН, газлифт, фонтанный способ эксплуатации) определяет принципиально различный механизм работы и, как следствие, отказов. Во-вторых, пластовые и технологические условия эксплуатации, включая дебит, обводнённость и пластовое давление, задают уровень нагрузки на оборудование и должны учитываться в модели как дополнительные факторы, влияющие на риск отказа оборудования. В-третьих, возраст скважины и количество эксплуатационных циклов отражают накопленную историю эксплуатации и также могут влиять на риск отказа. В-четвёртых, географическая и организационная принадлежность скважин к определённому кусту, месторождению, обслуживающей или ремонтной бригаде может формировать внутригрупповую зависимость

наблюдений, которую необходимо учитывать при статистическом оценивании.

На первом этапе неоднородность фонда оценивается по кривым Каплана–Мейера, которые строятся по выделенным группам скважин. Далее различия между ними проверяются с использованием логрангового критерия.

6. Структура аналитической витрины

Аналитическая витрина формируется в виде структурированного набора данных, в котором каждая запись соответствует одному наблюдению в событийной истории эксплуатации скважины. Структура витрины включает шесть блоков данных.

К первому блоку относятся идентификационные атрибуты: номер скважины, порядковый номер эксплуатационного цикла, а также наименование месторождения, куста и иных пространственных признаков.

Второй блок образуют временные атрибуты: дата начала и окончания наблюдения, его продолжительность в сутках, причина цензурирования и параметры включения объекта в анализ.

Третий блок составляют данные спущенного оборудования, такие как тип и модель насоса, его номинальную подачу, производимый напор, а также сопутствующего оборудования.

В четвёртый блок входят пластовые и режимные характеристики, фиксируемые при наблюдении: дебит жидкости, дебит нефти, обводнённость, газовый фактор, динамический уровень, пластовое и забойное давление.

Пятый блок представлен историческими характеристиками эксплуатации: суммарной наработкой, числом предшествующих отказов, длительностью предыдущего эксплуатационного цикла и видом предыдущих ремонтов.

Шестой блок формируют стоимостные атрибуты, используемые в экономических расчётах: затраты на выполнение ремонта скважины, суточные потери добычи в период ремонта, совокупные потери добычи за период остановки.

За счёт включения стоимостных атрибутов в аналитическую витрину мы напрямую связываем непосредственную связь между результатами анализа выживаемости и экономической оценкой ремонтных стратегий, что позволяет сопоставлять прогноз риска отказа с ожидаемыми затратами на каждом этапе планирования работ.

7. Контроль качества данных

Прежде чем проводить моделирование необходимо проверить качество и полноту собранных данных [10], для этого была разработана серия проверок, которая охватывает хронологический порядок, полноту, допустимость значений и поиск дублирования записей.

Проверка хронологической согласованности заключается в контроле ключевых дат и продолжительности эксплуатационного цикла.

Проверка полноты данных выполняется на оценке доли пропусков по каждой переменной. При превышении заданного порога необходимо либо дополнить данные вручную, либо исключить их.

Контроль допустимости значений направлен на выявление показателей, выходящих за физически возможные пределы, с последующей маркировкой аномалий. Например, частая проблема неисправны датчики погружной телемеханики, либо плохая замеряемость по скважине – такие данные необходимо исключать.

При выявлении дублирующихся записей необходимо проводить дополнительную проверку в ручном режиме для выбора корректной версии данных.

Заключение

В статье разработана методика формирования событийной истории для фонда нефтяных скважин как информационной основы экономико-математической модели оптимизации системы планово-предупредительных ремонтов. Корректность построения событийных наблюдений имеет как статистическое, так и прямое экономическое значение, потому что ошибки в обработке цензурирования, повторных отказов и структурной неоднородности фонда приводят к нарушению качества оценок риска отказа и, как следствие, к неверным расчётам затрат на ремонт, потерь от отказов и потерь от простоев.

Предложенная методика включает правила формирования эксплуатационных циклов, обработки цензурирования и левой усечённости, учёта повторных отказов, а также процедуры управления неоднородностью фонда и контроля качества данных. Разработана структура аналитической витрины, объединяющая идентификационные, временные, технические, эксплуатационные, исторические и стоимостные атрибуты. Предложенная структура создает прямую связь между оценками выживаемости и экономическими показателями эффективности ремонтных стратегий.

Полученные результаты формируют информационную основу для последующих этапов исследования, связанных с построением моделей выживаемости, оценкой риска отказов и постановкой оптимизационной задачи минимизации совокупных экономических потерь при планировании ремонтов в условиях ресурсных ограничений.

Литература

1. Остроухова Н. Г. Совершенствование инструментов управления системой планово-предупредительных ремонтов на предприятиях топливно-энергетического комплекса: дис. канд. экон. наук: 08.00.05. – 2012. – 142 с. – 2012. – 142 с.
2. Jardine A. K. S., Tsang A. H. C. Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2022. – 412 P.
3. Therneau T. M., Grambsch P. M. Modeling Survival Data: Extending the Cox Model. – New York: Springer, 2000. – XIII, 350 P.
4. Габова Д. Н., Гребнев Г. Д. Особенности учёта затрат в нефтегазовой отрасли // Экономика и социум. – 2024. – № 11. – С. 843–846.
5. Меньшиков А. Г. Имитационное моделирование системы технического обслуживания и ремонта скважин, оборудованных установками ЭЦН, в условиях ТПП «Урайнефтегаз»: канд. техн. наук: 05.13.01. – 2004. – 214 с.
6. Godoy D. R., Alvarez V., Mena R. [et al.] Adopting New Machine Learning Approaches on Cox's Partial Likelihood Parameter Estimation for Predictive Maintenance Decisions // Machines. – 2024. – Т. 20, № 1.
7. Softic S., Hrnjica B. Case Studies of Survival Analysis for Predictive Maintenance in Manufacturing // International Journal of Industrial Engineering and Management. – 2024. – № 4. – P. 320–337.
8. Колесников А. С. Обеспечение данными и подготовка датасета для методов машинного обучения при прогнозировании отказов УЭЦН // Инновационная наука. – 2025. – № 6. – С. 77–86.
9. Квонг С. В., Щербаков М. В. Метод прогнозирования остаточного ресурса на основе обработки данных многообъектных сложных систем // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2019. – № 1. – С. 33–44.
10. ГОСТ Р 70841–2023 (ISO 14224:2016). Сбор и обмен данными по надёжности и техническому обслуживанию оборудования. – М.: Стандартинформ, 2023. – 259 с.

Methodology for forming event history of well stock for survival analysis in planned preventive maintenance optimization tasks

Borodinov M.A.

Moscow Financial and Industrial University «Synergy»

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article addresses the preparation of event history data for an oil well stock for the subsequent application of survival analysis methods in planning preventive maintenance operations. The research objective is to develop a methodology that consolidates fragmented production data on well operations, maintenance, failures, and equipment characteristics into a unified format suitable for economic and mathematical analysis. The paper examines the logic of forming operational cycles of downhole equipment, the procedure for determining the observation start and end points, as well as rules for accounting failures, right censoring, left truncation, and repeated failures for individual wells. Particular attention is paid to stock heterogeneity, since technical, geological, and operational differences between wells directly affect failure risk and should be reflected in the data. As a result, a structure of an analytical data mart is proposed, including identification, temporal, technical, operational, historical, and cost attributes. Such a data mart enables linking equipment reliability assessment with the economic consequences of maintenance decisions and serves as an information foundation for further optimization of the planned preventive maintenance system.

Keywords: survival analysis, well stock, event history, planned preventive maintenance, reliability analysis, censoring, data quality, equipment failure, maintenance optimization.

References

1. Ostroukhova N. G. Sovershenstvovanie instrumentov upravleniya sistemoj planovo-predupreditel'nykh remontov na predpriyatiyakh toplivno-energeticheskogo kompleksa: dis. kand. ekon. nauk: 08.00.05. – 2012. – 142 s. – 2012. – 142 s.
2. Jardine A. K. S., Tsang A. H. C. Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2022. – 412 P.
3. Therneau T. M., Grambsch P. M. Modeling Survival Data: Extending the Cox Model. – New York: Springer, 2000. – XIII, 350 P.
4. Gabova D. N., Grebnev G. D. Osobennosti uchyota zatrat v neftegazovoj otrasli // Ekonomika i sotsium. – 2024. – № 11. – S. 843–846.
5. Men'shikov A. G. Imitatsionnoe modelirovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta skvazhin, oborudovannykh ustanovkami ETsN, v usloviyakh TPP «Urajneftegaz»: kand. tekhn. nauk: 05.13.01. – 2004. – 214 s.
6. Godoy D. R., Alvarez V., Mena R. [et al.] Adopting New Machine Learning Approaches on Cox's Partial Likelihood Parameter Estimation for Predictive Maintenance Decisions // Machines. – 2024. – T. 20, № 1.

Комплексный анализ вертикальной миграции нефти и нефтепродуктов в почвенном покрове, фитотоксического эффекта и биологической активности почвы

Цмокалюк Нина Мартыновна
канд. биол. наук, доц., доцент высшей школы естественных наук, математики и информационных технологий, Тихоокеанский государственный университет, 011330@togudv.ru,

Волосникова Галина Александровна
канд. техн. наук, доц., доцент высшей школы управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, 004181@togudv.ru,

Медведев Дмитрий Геннадьевич
студент высшей школы естественных наук, математики и информационных технологий, Тихоокеанский государственный университет, 2022102513@togudv.ru

Представлены результаты лабораторного моделирования вертикальной миграции нефти и мазута в трех типах почв (песчаный грунт, лессовидный бурозем, глинистый бурозем). Выполнена оценка фитотоксического действия загрязнителей на тест-культуры (овес, рукола). Установлено, что максимальная глубина проникновения нефти (7,18) см и мазута (4,75 см) зафиксирована в песчаном грунте, минимальная – в глинистом буроземе (нефть – 3,00 см, мазут – 2,90 см). Показано, что длина корня овса в загрязненных почвах снижается в 9–54 раза по сравнению с контролем, рукола не прорастает в 3 из 6 вариантов. Выявлена зависимость степени угнетения растений от типа почвы и вида поллютанта: наибольшее токсическое действие отмечено в глинистом буроземе при загрязнении нефтью, наименьшее – в песчаном грунте. Коэффициент дыхания (биологическая активность) максимален в лессовидном буроземе (4,7), минимален в глинистом буроземе (1,6), что указывает на низкую способность последнего к самоочищению. Полученные данные позволяют прогнозировать экологические последствия нефтяных разливов в зависимости от гранулометрического состава почв и обосновывать выбор методов их ремедиации.

Ключевые слова: нефть и нефтепродукты, аварийные разливы, вертикальная миграция нефти и мазута, гранулометрический состав почвы, биотестирование, фитотоксичность, растительные тест-объекты, биологическая активность почвы, коэффициент дыхания, ремедиация почв.

Введение и постановка проблемы

К числу негативных последствий разливов нефти и нефтепродуктов в районах добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья относится загрязнение нефтяными углеводородами компонентов окружающей среды и, как следствие, деградация экосистем. Особую экологическую опасность представляет загрязнение почв нефтепродуктами вследствие повышенного риска миграции загрязнителей в сопряженные с почвой среды, угнетения растительности и почвенной биоты, нарушения биогеохимического круговорота элементов, низкой скорости самоочищения почв. При попадании на почвенный покров нефть и нефтепродукты инициируют сложные процессы вертикальной и горизонтальной миграции. Повышенные концентрации нефтяных углеводородов приводят к изменению физических свойств почв, изменению их структуры, свойств, химического состава, нарушению водного и воздушного обмена, снижению поступления питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности почвенных организмов. Как следствие, в условиях нефтяного загрязнения наблюдается уменьшение активности почвенных ферментов и микроорганизмов, что может послужить фактором потери плодородия почв, привести к деградации растительного покрова и снижению биоразнообразия.

В связи с этим чрезвычайно актуальным является проведение экспериментальных исследований с накоплением первичных данных о процессах распространения нефти и нефтепродуктов в почвогрунтах, что позволит в дальнейшем получить надежные полуэмпирические формулы для их описания. Выявление взаимосвязей процессов миграции, трансформации и аккумуляции нефти и нефтепродуктов с почвенными, климатическими, геоморфологическими и другими ландшафтными условиями дает возможность прогнозировать экологический риск последствий нефтяных разливов, обосновывать выбор способов ремедиации различных типов почв и определять их эффективность.

В многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов приводятся результаты экспериментальной оценки степени детоксикации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв при их микробиологической ремедиации по уровню фитотоксичности. В то же время практически отсутствуют данные о влиянии гранулометрического состава на угнетение растений при загрязнении тяжелыми нефтепродуктами в сравнении с сырой нефтью. Выполнение прогнозных оценок осложняется отсутствием единой стандартизации допустимого содержания нефтепродуктов в почвах из-за региональных особенностей, различного состава нефтепродуктов и целевого назначения земель.

Обзор ранее выполненных исследований

В настоящее время существует ряд подходов к проведению экологического мониторинга токсического загрязнения почв, однако в силу высокой стоимости и технологической сложности применение ряда из них оказывается ограниченным. По мнению А. В. Васильева [1], эффективным подходом для определения степени токсичности почв, загрязненных продуктами переработки нефти, является использование методов биоиндикации и биотестирования. Как отмечает А. С. Тишин в работе [2], для обнаружения нефтяного загрязнения и оценки степени загрязненности почв наиболее пригоден метод фитотестирования, позволяющий контролировать процессы обезвреживания поллютантов и ремедиации нефтезагрязненных почв. Результаты подобных исследований в целом фиксируют ингибирование прорастания семян, угнетение роста и снижение биомассы, коррелирующее с концентрацией и типом нефтепродукта.

Характер влияния нефтепродуктов на окружающую среду, степень токсичности по отношению к биоте зависят от их физико-химических свойств, определяемых, в основном, фракционной принадлежностью. В целом ряде исследований подчеркивается, что легкие фракции (керосин, бензин) характеризуются более высокой миграционной активностью в окружающей среде, мигрируют глубже, тогда как тяжелые (мазут, битумы) менее подвижны, задерживаются в верхних горизонтах, особенно в тонкодисперсных почвах, медленно биоутилизируются и при попадании в экосистемы приводят к серьезным нарушениям их компонентов. Скорость и глубина вертикальной миграции углеводородов определяется как физико-химическими свойствами самого загрязнителя (плот-

ность, вязкость), так и свойствами почвы как вмещающей среды. Как показано в работе [3], наиболее высокие концентрации полициклических ароматических структур накапливаются в мелких фракциях почв (0,5–1,0 мм), что коррелирует с повышенной сорбционной способностью данных фракций.

Ф. Г. Габибов в монографии [4] отмечает, что интенсивность и специфика проникновения нефти в более глубокие горизонты зависят от гранулометрического состава почвогрунтов, который рассматривается как главный фактор вертикального перераспределения. Н. В. Елфимовым с соавторами в работе [5] сделан аналогичный вывод о том, что время протекания нефти через почвенные колонки зависит от гранулометрического состава и нефтенасыщения, причем для песчаных почв эта зависимость выражена сильнее, чем для суглинистых. На примере почв таежной Западной Сибири Е. И. Ковалевой и соавторами выявлено, что латеральная миграция нефтепродуктов часто преобладает над радиальной, при этом наибольшие концентрации загрязнителя адсорбируются в верхних органогенных горизонтах [6].

Вышеприведенные выводы подтверждаются и работами зарубежных исследователей. Y. Pan и соавторами [7] установлено, что в процессе утечки нефть движется сначала вертикально (круговой фронт), затем, встретив препятствие (литологическую границу), распространяется латерально. После накопления достаточной массы загрязнителя происходит прорыв барьера, и нефть продолжает вертикальное движение. H. Chen и соавторами в работе [8] отмечено, что загрязнение в основном концентрируется в верхних слоях почвы (до 15 см), при этом содержание нефти экспоненциально уменьшается с увеличением глубины. Выявлено, что по мере увеличения глубины и продолжительности выщелачивания доля легких и средних компонентов в нефти постепенно уменьшается, а доля тяжелых компонентов – увеличивается.

Прямое действие поллютантов на высшие растения проявляется в разрушении мембранных структур, ингибировании фотосинтеза и дыхания, а также нарушении водного обмена [9]. Установлено, что легкие ароматические углеводороды наиболее токсичны в первые дни после загрязнения, тяжелые фракции, в свою очередь, создают долговременный токсический эффект, сохраняющийся в почве на протяжении многих лет [10]. По данным Е. А. Вершининой, даже небольшие концентрации нефтепродуктов в почве способны вызывать угнетение прорастания семян и развития проростков [11]. И. А. Кумпаненко с соавторами [12] в результате проведения лабораторных исследований выявлена зависимость глубины проникновения нефти и нефтепродуктов в грунт от времени, позволяющая при известном коэффициенте проницаемости грунта оценить глубину проникновения в грунт жидкости с известными значениями ее плотности и динамической вязкости.

Нефтяное загрязнение вызывает сложные изменения в почвенном микробиоме и ферментативной активности, подавляет ферментативную активность и численность микроорганизмов, но стимулирует углеводородокисляющие бактерии. И. Э. Шараповой и С. П. Масловой [13] установлено, что 5- и 10 %-е загрязнение нефтью не увеличивает токсичность почвы, при 5 %-м загрязнении происходит значительное увеличение общей численности микроорганизмов. В тяжелых по гранулометрическому составу почвах токсический эффект сохраняется дольше, соответственно, происходит более длительное восстановление биологической активности. Вертикальная миграция углеводородов в первую очередь определяется их молекулярной массой, тогда как фитотоксический эффект и биологическая активность зависят от типа нефтепродукта и его концентрации. Биодеградация является основным механизмом снижения токсичности, однако полное восстановление биоценоза требует длительного времени (до 2 лет и более).

Изучение вертикальной миграции нефти и нефтепродуктов необходимо для корректного определения горизонтов отбора проб, сроков и методов ремедиации почв, особенно с учетом их гранулометрического состава. Фитотоксическое действие на тест-культуры, являясь прямым индикатором экологического риска для сельскохозяйственных и естественных фитоценозов, а также основой для нормирования остаточного содержания загрязнителей в почве после очистки позволяет оценить биодоступность нефтепродуктов для растений, выявить пороговые концентрации, угнетающие рост и развитие. Биологическая активность почв, характеризующая способность почвенной микробиоты и ферментов к самоочищению (деградации углеводородов), позволяет определить скорость восстановления экосистемных функций после загрязнения и провести дифференциацию почв по устойчивости к нефтяному загрязнению, что чрезвычайно важно для разработки региональных нормативов и определения сроков рекультивации. Научное обоснование экологических рисков, сроков восстановления и выбора стратегии ремедиации с учетом типа почв возможно на основе комплексного подхода.

В связи с этим **целью** настоящей работы явилось комплексная экспериментальная оценка вертикальной миграции нефти и нефтепродуктов в почвенном покрове, фитотоксического действия загрязнителей на тест-культуры и биологической активности исследуемых почв.

Материалы и методы

Образцы почв были отобраны на территории г. Хабаровска: песчаный грунт – на набережной р. Амур (Речной вокзал); лессовидный бурозем – на сопке полуострова Заячий; глинистый бурозем – в парке Северный (источник Пресвятой Богородицы). Исследовалось влияние на почвенный покров нефти (плотностью 849 кг/м^3, кинематической вязкостью 7,2–10,4 мм^2/с) и мазута (густой высоковязкой массы плотностью 853 кг/м^3).

Эксперимент по определению биологической активности почв (коэффициента дыхания) проводился в соответствии с методикой, приведенной в монографии [14]. Навеску почвы 5 г помещали в чашку Петри и равномерно смачивали дистиллированной водой. В конические колбы объемом 250 мл наливали по 5 мл 0,1 н. NaOH (в одну – для опыта, в другую – для контроля). В пластмассовую емкость помещали чашку Петри с увлажненной почвой и колбу с NaOH. В контрольную емкость помещали только колбу с NaOH. Герметично закрывали обе емкости и оставляли при комнатной температуре на 24 часа, после чего производили титрование раствора NaOH в присутствии 2 капель фенолфталеина 0,1 н. HCl.

Коэффициент дыхания почвы рассчитывался по формуле:

$$КД = \frac{44\cdot(A-B)\cdot N\cdot 100}{S},$$

где 44 – количество CO_2, эквивалентное 1 мл 1 н. HCl, мг; A, B – объем 0,1 HCl, пошедший на титрование контроля и раствора NaOH, находившегося в пластмассовой емкости с почвой соответственно; N – нормальность NaOH (0,1 н); S – площадь чашки Петри (28,14 см^2).

Статистическая обработка результатов включала расчет средних арифметических значений по трем повторностям и сравнение с контролем. Пластмассовые емкости с колбами с NaOH и почвой представлены на фотографии (рис. 1).

Рисунок 1 – Пластмассовые контейнеры с почвой и колбами-поглотителями

Моделирование загрязнения осуществлялось путем внесения в почву нефти либо мазута (нефтепродукта тяжелых фракций). Данный выбор был обусловлен тем, что тяжелые нефтепродукты ввиду медленной биодеструкции оказывают наиболее длительное токсическое воздействие на биоту даже после ремедиации загрязненных почв. Эксперимент по моделированию миграции нефти и мазута в почве проводили при температуре 21,2 °С. В стеклянные стаканы объемом 800 мл помещали 1000 г воздушно-сухой почвы. На поверхность равномерно наносили 12 мл нефти или мазута в трех повторностях. Глубину проникновения измеряли металлическим щупом ежедневно в течение 21 суток до прекращения миграции. Образцы модельной почвы представлены на рис. 2.

Рисунок 2 – Моделирование загрязнения почвы нефтепродуктами в лабораторных условиях

Степень детоксикации почв в эксперименте оценивалась методом биотестирования образцов с определением их фитотоксичности методом проростков согласно ГОСТ Р ИСО 22030–2009 [15]. В качестве тест-культур использовались овес *Avena sativa* и рукола *Eruca sativa*. В ходе эксперимента фиксировались всхожесть, энергия прорастания, длина

надземной и корневой систем, масса сухого вещества надземной и подземной части. Семена овса и руколы (по 25 шт. на вариант) высевали в загрязненную почву. Контролем служил лессовидный бурозем без загрязнения. Температура в лаборатории составляла 22 °С, относительная влажность 73 %. Через 12 часов измеряли длину корня проростков. Статистическая обработка заключалась в расчете средних арифметических значений по трем повторностям, сравнении с контролем. Посев семян на загрязненную почву представлен на рис. 3.

Рисунок 3 – Посев семян овса и руколы в загрязненную нефтепродуктами почву

Полученные результаты и их обсуждение

Биологическая активность исследуемых типов почв оценивалась по величине коэффициента дыхания. Результаты расчетов представлены на рис. 4.

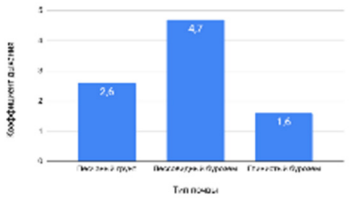


Рисунок 4 – Коэффициент дыхания исследуемых почв

Наибольшим коэффициентом дыхания (4,7) характеризуется лессовидный бурозем, что на 80,8 % больше коэффициента дыхания песчаного грунта (2,6) и на 193,75 % – глинистого бурозема (1,6). Лессовидный бурозем содержит больше органического вещества и имеет оптимальную структуру для аэробной микрофлоры. Песчаный грунт, несмотря на хорошую аэрацию, беден органикой, поэтому коэффициент дыхания низок. Наименьший показатель имеет глинистый бурозем из-за плотного сложения, вследствие чего диффузия кислорода подавляется и снижается активность почвенных микроорганизмов. По шкале биологической активности, предложенной Д. Г. Звягинцевым [16], все исследуемые почвы относятся к категории очень слабоактивных. Низкая степень биологической активности почв ведет к медленной деградации нефтепродуктов из-за малой активности углеводородокисляющих микроорганизмов, вследствие чего загрязнители будут сохраняться годами, препятствуя естественной ремедиации почв.

Полученные результаты лабораторного моделирования вертикальной миграции нефти и мазута в трех типах почв (песчаный грунт, лессовидный бурозем, глинистый бурозем) представлены в табл. 1. Установлено, что наибольшая глубина проникновения поллютантов в песчаном грунте составляет 7,18 см (нефть) и 4,75 см (мазут), наименьшая глубина в глинистом буроземе – 3,00 см (нефть) и 2,90 см (мазут). Результаты средних расчетов глубины проникновения отображены на рис. 5.

Таблица 1

Динамика вертикальной миграции нефтепродуктов, см

Дата	Песчаный грунт (нефть)	Песчаный грунт (мазут)	Лессовидный бурозем (нефть)	Лессовидный бурозем (мазут)	Глинистый бурозем (нефть)	Глинистый бурозем (мазут)
07.10.2025	4,35	1,60	3,38	1,82	1,03	1,00
14.10.2025	6,10	4,10	4,35	2,69	2,70	2,15
27.10.2025	7,18	4,75	4,55	3,40	3,00	2,90

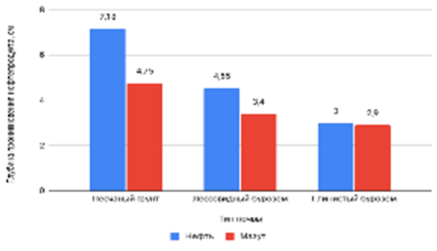


Рисунок 5 – Миграция нефтепродуктов в различные типы почв

Как видно из рисунка, песчаный грунт обеспечивает наименьшее сопротивление гравитационному потоку углеводородов из-за высокой порозности и низкой удельной поверхности. Глинистый бурозем демонстрирует наименьшую миграцию благодаря мелкодисперсной структуре и высокой влагоемкости. В плотных и влажных глинах капиллярные силы и сорбция доминируют над гравитационным переносом, а вязкость загрязнителя перестает быть лимитирующим фактором. Лессовидный бурозем проявляет промежуточные свойства. Более высокая сорбционная способность по сравнению с песчаным грунтом замедляет миграцию, но все же остается достаточно проницаемой.

Результаты замеров длины корней **тест-культур** в загрязненных почвах представлены в табл. 2. Длина корней контрольного варианта представлена на рис. 6.

Таблица 2

Длина корня в загрязненных почвах, см

Нефтепродукт	Тип почвы	Овес	Рукола
Нефть	Песчаный грунт	0,6063	0,22
	Лессовидный бурозем	0,2681	0,60
	Глинистый бурозем	0,1	не проросли
Мазут	Песчаный грунт	0,58	не проросли
	Лессовидный бурозем	0,2409	не проросли
	Глинистый бурозем	0,1	0,75
Контрольный вариант	Лессовидный бурозем	5,404	4

Рисунок 6 – Длина корней контрольных вариантов овса (слева) и руколы (справа)

Оценка фитотоксического действия загрязнителей на тест-культуры (фитотестирование) позволила выявить, что длина корня овса в загрязненных почвах снижается в 9–54 раза по сравнению с контролем. Рукола более чувствительна: не проросла в 3 из 6 вариантов. Наибольшее угнетение наблюдается в глинистом буроземе при загрязнении нефтью (овес 0,1 см, рукола не проросла). В песчаном грунте, несмотря на максимальную глубину миграции, фитотоксичность ниже (овес 0,58–0,61 см), что объясняется быстро уходящим загрязнителем из корнеобитаемого слоя.

Выводы

Полученные результаты подтверждают определяющую роль гранулометрического состава в процессах вертикальной миграции углеводородов. Песчаный грунт с высокой порозностью и низкой сорбцией обеспечивает быстрое проникновение загрязнителя на глубину, что снижает его концентрацию в верхнем 0–5 см слое и, как следствие, уменьшает фитотоксическое действие на всходы. Напротив, глинистый бурозем с высокой дисперсностью и сорбционной емкостью задерживает нефтепродукты в поверхностном горизонте (0–3 см), создавая высокую локальную концентрацию поллютанта, что приводит к максимальному угнетению или полной гибели проростков. Рукола оказалась значительно более чувствительной к загрязнению, чем овес. Это согласуется с данными о различной устойчивости растений из разных ботанических семейств [11]. Овес (злак) проявил относительную толерантность, что позволяет рекомендовать его для фиторемедиации слабо и средне загрязненных почв.

Разница в миграции загрязнителей также влияет на фитотоксичность. Мазут, обладая более высокой вязкостью и меньшей подвижностью, задерживается в верхних слоях глинистой почвы, создавая локальные загрязнения, однако его токсическое действие на овес в глинистом буроземе оказалось таким же, как у нефти (длина корня в загрязненных почвах 0,1 см). В песчаном грунте мазут проникает на меньшую глубину, чем нефть, и его фитотоксичность сравнима с нефтяной.

При нефтяных разливах на песчаных почвах основной ущерб может быть связан с загрязнением грунтовых вод, растительность при этом страдает меньше. В связи с этим на основании проведенного исследования предложена практическая рекомендация: на глинистых почвах необходимо оперативное удаление загрязненного слоя (глубиной не менее 5 см) для предотвращения гибели растительного покрова и учет низкой биологической активности, требующей стимуляции микробиологических процессов.

Литература

1. Васильев А. В. и др. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2012. – №. 4. – С. 242–249.

2. Тишин А. С. Фитотестирование почв, загрязненных нефтепродуктами //Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – №. 12–2 (102). – С. 78–83.

3. Галишев М. А. Закономерности перераспределения нефтяного загрязнения в почвах различных типов и механических фракций / М. А. Галишев, М. М. Султыгов, Ю. Н. Бельшина, В. А. Ловчиков // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2018. – № 6. – С. 13–17.

4. Габибов Ф. Г. и др. Инженерно-экологические проблемы деградации, очистки и рекультивации почвогрунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами //М.: Издательство «Георесурс. – 2023.

5. Елфимов Н. В. Модель распространения нефтяных загрязнений по почвенному покрову для прогнозирования развития ЧС на объектах нефтегазового комплекса / Н. В. Елфимов, Ф. А. Дементьев, В. А. Ловчиков // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2018. – № 6. – С. 5–12.

6. Ковалева Е. И. Функционирование почв в условиях нефтяного загрязнения в таежной зоне Западной Сибири / Е. И. Ковалева, С. Я. Трофимов, С. А. Шоба // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2024. – Т. 79, № 4. – С. 214–227.

7. Pan Y. et al. Three-dimensional migration and resistivity characteristics of crude oil in heterogeneous soil layers /Environmental Pollution. – 2021. – Т. 268. – С. 115309.

8. Chen H. et al. Vertical migration and variation of crude oil in soil around typical oilfields under natural leaching /International Journal of Environmental Science and Technology. – 2024. – Т. 21. – №. 3. – С. 3073–3086.

9. Шамраев А. В. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды / А. В. Шамраев, Т. С. Шорина // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6 (100). – С. 642–645.

10. Коршунова Т. Ю. Микроорганизмы в ликвидации последствий нефтяного загрязнения (обзор) / Т. Ю. Коршунова, С. П. Четвериков, М. Д. Бакаева, Е. В. Кузина, Г. Ф. Рафикова, Д. В. Четверикова, О. Н. Логинов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 339–347.

11. Вершинина Е. А., Закирзаков А. Г. Изучение влияния нефтепродуктов на окружающую среду и определение размеров молекулы капли нефти //Юный ученый. – 2015. – №. 3. – С. 173–175.

12. Кумпаненко И. В. и др. Исследование просачивания в грунт нефти и нефтепродуктов при их разливах //Химическая физика. – 2021. – Т. 40. – №. 1. – С. 45–54.

13. Шарапова И. Э., Маслова С. П. Биологическая активность нефтезагрязненной почвы при фиторемедиации и реакция растений на различные уровни нефтезагрязнения //Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров. – 2007. – №. 5 ч 1. – С. 105–108.

14. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.

15. ГОСТ Р ИСО 22030–2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 19 с.

16. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей //Почвоведение. – 1978. – Т. 6. – С. 48–54.

Comprehensive analysis of vertical migration of oil and petroleum products in the soil cover, phytotoxic effects, and biological activity of the soil

Tsmokalyuk N.M., Volosnikova G.A., Medvedev D.G.
Pacific State University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The results of laboratory modeling of vertical migration of oil and fuel oil in three soil types (sandy soil, loessial brown soil, clayey brown soil) are presented. The phytotoxic effect of the pollutants on test cultures (oat, arugula) was assessed. It was found that the maximum penetration depth of oil (7.18 cm) and fuel oil (4.75 cm) was recorded in sandy soil, while the minimum was observed in clayey brown soil (oil – 3.00 cm, fuel oil – 2.90 cm). It was shown that the root length of oat in contaminated soils decreases by a factor of 9–54 compared to the control, while arugula did not germinate in 3 out of 6 variants. A dependence of the degree of plant inhibition on soil type and pollutant type was revealed: the greatest toxic effect was observed in clayey brown soil contaminated with oil, and the smallest – in sandy soil. The respiration coefficient (biological activity) was highest in loessial brown soil (4.7) and lowest in clayey brown soil (1.6), indicating the latter's low self-purification capacity. The data obtained allow predicting the environmental consequences of oil spills depending on the granulometric composition of soils and provide a basis for selecting remediation methods.

Keywords: oil and petroleum products, accidental spills, vertical migration of oil and fuel oil, granulometric composition of soil, biotesting, phytotoxicity, plant test organisms, soil biological activity, respiration coefficient, soil remediation.

References

1. Vasiliev A. V. et al. Environmental monitoring of toxic soil contamination with oil products using biotesting methods // Electronic scientific journal Oil and Gas Business. – 2012. – No. 4. – P. 242–249.

2. Tishin A. S. Phytotesting of soils contaminated with oil products // International research journal. – 2020. – No. 12 – 2 (102). – P. 78–83.

3. Galishev M. A. Patterns of redistribution of oil pollution in soils of different types and mechanical fractions / M. A. Galishev, M. M. Sultygov, Yu. N. Belshina, V. A. Lovchikov // Environmental protection in the oil and gas complex. – 2018. – No. 6. – P. 13–17.

4. Gabibov F. G. et al. Engineering and environmental problems of degradation, cleaning and reclamation of soils contaminated with oil and oil products // Moscow: Publishing house "Georesurs. – 2023.

5. Elfimov N. V. Model of oil pollution spread over the soil cover for forecasting the development of emergencies at oil and gas facilities / N. V. Elfimov, F. A. Dementyev, V. A. Lovchikov // Environmental protection in the oil and gas complex. – 2018. – No. 6. – P. 5 –12.

6. Kovaleva E. I. Soil functioning under conditions of oil pollution in the taiga zone of Western Siberia / E. I. Kovaleva, S. Ya. Trofimov, S. A. Shoba // Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science. – 2024. – Vol. 79, No. 4. – P. 214–227.

7. Pan Y. et al. Three-dimensional migration and resistivity characteristics of crude oil in heterogeneous soil layers /Environmental Pollution. – 2021. – T. 268. – C. 115309.

8. Chen H. et al. Vertical migration and variation of crude oil in soil around typical oilfields under natural leaching /International Journal of Environmental Science and Technology. – 2024. – T. 21. – №. 3. – C. 3073–3086.

9. Shamraev A. V. The influence of oil and oil products on various components of the environment / A. V. Shamraev, T. S. Shorina // Bulletin of OSU. – 2009. – No. 6 (100). – P. 642–645.

10. Korshunova T. Yu. Microorganisms in the elimination of the consequences of oil pollution (review) / T. Yu. Korshunova, S. P. Chetverikov, M. D. Bakaeva, E. V. Kuzina, G. F. Rafikova, D. V. Chetverikova, O. N. Loginov // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2019. – Vol. 55, No. 4. – P. 339–347.

11. Vershinina E. A., Zakirzakov A. G. Study of the impact of petroleum products on the environment and determination of the size of an oil droplet molecule // Young scientist. – 2015. – No. 3. – P. 173–175.

12. Kumpanenko I. V. et al. Study of oil and petroleum product seepage into soil during spills // Chemical Physics. – 2021. – Vol. 40. – No. 1. – P. 45–54.

13. Sharapova I. E., Maslova S. P. Biological activity of oil-contaminated soil during phytoremediation and plant response to different levels of oil pollution // Problems of regional ecology in the context of sustainable development: Proc. All-Russian scientific-practical conf. with international participation. Kirov. – 2007. – No. 5 part 1. – P. 105–108.

14. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Valkov V. F. Biological diagnostics and indication of soils: methodology and research methods. – Rostov n / D: Publishing house of RSU, 2003. – 216 p.

15. GOST R ISO 22030–2009. Soil quality. Biological methods. Chronic phytotoxicity to higher plants. – Moscow: Standartinform, 2010. – 19 p.

16. Zvyagintsev D. G. Biological activity of soils and scales for assessing some of its parameters // Soil science. – 1978. – Vol. 6. – P. 48–54.

Оценка влияния антропогенных и сезонных факторов на качество воды реки Амур в районе г. Хабаровск

Цмокалюк Нина Мартыновна
канд. биол. наук, доц., доцент высшей школы естественных наук, математики и информационных технологий, Тихоокеанский государственный университет, 011330@togudv.ru,

Волосникова Галина Александровна
канд. техн. наук, доц., доцент высшей школы управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, 004181@togudv.ru,

Медведев Дмитрий Геннадьевич
студент высшей школы естественных наук, математики и информационных технологий, Тихоокеанский государственный университет, 2022102513@togudv.ru

Представлены результаты комплексного мониторинга качества воды реки Амур в районе города Хабаровск в весенний (май) и осенний (сентябрь) периоды 2025 года. Выполнена оценка органолептических показателей (запах, цветность), проведен микроскопический анализ, определены физико-химические характеристики (pH, плотность, содержание взвешенных веществ, жесткость) и концентрации загрязняющих веществ (хлориды, сульфаты, нитриты, нитраты, общее железо, свинец). Установлено, что качество воды формируется под совместным воздействием антропогенных источников (промышленные и коммунальные сточные воды, транспорт) и сезонных гидрологических циклов. Выявлены критические превышения предельно допустимых концентраций: по свинцу – во всех точках отбора, а также по сульфатам и общему железу – в период весеннего паводка. Отмечена четкая пространственная дифференциация между зонами экологического риска (протока Пензенская, участки вблизи ТЭЦ-2 и жилого комплекса «Шантары») и относительно благополучными зонами. Осенью зафиксированы процессы подкисления придонных вод и эвтрофикации, что свидетельствует о вторичном загрязнении со стороны донных отложений. Предложены направления совершенствования системы мониторинга и меры по снижению антропогенной нагрузки.
Ключевые слова: река Амур, качество вод, антропогенное воздействие, трансграничное загрязнение, паводки и наводнения, сточные воды, мониторинг, загрязняющие вещества, предельно-допустимая концентрация, экологическая оценка, сезонная динамика.

Введение и постановка проблемы

Река Амур – одна из крупнейших водных артерий Северо-Восточной Азии, выполняющая ключевые биосферные и социально-экономические функции для Дальневосточного региона России, водный объект рыбохозяйственного водопользования. Бассейн Амура обеспечивает питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение таких крупных городов, как Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре и Благовещенск, а также служит основой для промышленности, судоходства, рыбного промысла и рекреационной деятельности. Трансграничный характер водосбора (территории России, Китая и Монголии) предопределяет сложную структуру формирования качества вод, зависящую от различий в природно-климатических условиях и интенсивности антропогенной деятельности сопредельных государств.

Качество воды Амура испытывает значительную антропогенную нагрузку, обусловленную сбросами недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, коммунальным и сельскохозяйственным стоком, а также трансграничным переносом загрязняющих веществ, в частности из бассейна р. Сунгари. Наиболее опасными поллютантами, поступающими в водную среду, остаются тяжелые металлы, обладающие токсичностью, кумулятивным эффектом и способностью к биоаккумуляции. Одновременно с этим природные факторы – муссонный климат, чередование паводков и межени, активная русловая переформировка – существенно осложняют гидрологическую динамику, перераспределение взвешенного вещества и миграцию химических загрязнителей.

Основной объем загрязняющих веществ, сбрасываемых в русло Амура в российском секторе, приходится на промышленные узлы гг. Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре. Дополнительный негативный вклад вносит снижение эффективности работы очистных сооружений, особенно в периоды экстремальных паводков и техногенных аварий. Ухудшение качества воды ведет к деградации рыбохозяйственного потенциала Амура, снижению рекреационной привлекательности акваторий и, что наиболее критично, к обострению проблемы обеспечения населения Приамурья доброкачественной питьевой водой.

В районе г. Хабаровск качество воды Амура формируется под комплексным воздействием локальных источников: сбросов Хабаровской ТЭЦ-2, ливневых стоков с мостовых переходов и автомагистралей, коммунальных стоков жилого комплекса «Шантары», а также загрязнений, поступающих через протоку Пензенскую. Существенную роль играют сезонные факторы. В весенний период паводковые воды выносят с водосборной территории загрязняющие вещества, аккумулированные за зимнюю межень. В летне-осенний период, при снижении расходов воды и повышении температуры, наблюдаются явления эвтрофикации и вторичного загрязнения водной толщи за счет внутриводоемных процессов, в том числе высвобождения поллютантов из донных отложений [1].

Гидрологическая специфика Амура в районе Хабаровска (высокое отношение ширины русла к глубине, разветвленность рукавов, наличие крупных притоков) создает выраженную пространственную неоднородность распределения как терригенного материала, так и растворенных химических веществ [2]. В последние десятилетия возрастает частота и интенсивность наводнений, что, по данным А. Н. Махинова [3], становится важнейшим фактором транзита химических загрязнителей и переформирования качества воды в экстремальных гидрологических режимах. Изучение поведения поллютантов в таких условиях имеет прямое водохозяйственное и природоохранное значение.

С 2002 года реализуются совместные российско-китайские программы мониторинга рек Амур и Уссури по 25 показателям, включающие гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования. Тем не менее, несмотря на наличие регулярных наблюдений Росгидромета и отдельных разрозненных научных публикаций, комплексные работы, одновременно охватывающие органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества воды в их сезонной и пространственной динамике, для Хабаровского водного узла остаются недостаточными. В частности, слабо изучены механизмы совместного действия антропогенных (локальные сбросы, трансграничный перенос) и сезонных (паводки, межень, биологическая активность) факторов, а также их вклад в формирование критических уровней загрязнения. Выявленный пробел в знаниях обусловливает актуальность настоя-

щего исследования, направленного на количественную оценку и дифференциацию влияния указанных факторов на качество воды р. Амур в районе г. Хабаровск.

Обзор ранее выполненных исследований

Согласно государственному докладу о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края за 2024 год [4], вода в р. Амур в черте г. Хабаровска характеризуется как «очень загрязненная» (3 класс, разряд «б»). Величина удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) составила 3,96, что незначительно превышает показатель 2023 г. (3,91). Из 16 учитываемых ингредиентов превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) зафиксировано для 10. Основными загрязняющими веществами выступают: органические вещества (по ХПК) – превышение в 68 % проб; соединения железа общего (80 %); медь (68 %); алюминий (82 %). В 2024 г. отмечено снижение частоты превышений ПДК по цинку (с 70 % до 22 %) и нефтепродуктам (с 58 % до 38 %). Эти данные свидетельствуют о сохраняющейся высокой антропогенной нагрузке, однако не раскрывают причинно-следственных связей с сезонными и режимными факторами.

В статье Я. А. Голобоковой [5] обосновано, что специфика водопользования на водосборной территории является ключевым фактором формирования химического состава вод Амура. Под влиянием водохозяйственной деятельности изменяются гидрологический режим, усиливаются русловые деформации и ухудшается качество воды. Л. В. Горбатенко [6] выполнен детальный пространственный анализ водопотребления в бассейне Амура в разрезе административных районов. Показано, что максимальные объемы сброса загрязняющих веществ приурочены к крупным промышленным центрам (включая Хабаровск), где вода используется преимущественно для производственных нужд, а также к районам разработки полезных ископаемых. При этом в указанных исследованиях недостаточно рассмотрена сезонная динамика поступления поллютантов от точечных источников.

Л. М. Кондратьева [7] предлагает методологические принципы организации экологического мониторинга на трансграничных участках, включая обоснование выбора приоритетных показателей и применение хромато-масс-спектрометрических методов. Автор особо подчеркивает необходимость проведения сезонных исследований, поскольку состав органических веществ, поступающих со сточными и поверхностными водами от одного и того же источника, может существенно трансформироваться в результате биогеохимических процессов в зависимости от сезона. Данный тезис непосредственно обосновывает актуальность настоящей работы, однако системных сезонных данных по Хабаровскому участку Амура в литературе недостаточно.

В исследованиях Л. А. Гаретовой с соавторами [8] установлено, что в промышленной зоне г. Хабаровска донные отложения аккумулируют тяжелые металлы, а водная толща характеризуется повышенными концентрациями железа, меди и цинка. Н. К. Фишер и др. [9] выявили превышения ПДК по фенолам, аммонийному азоту и алюминию в зонах сброса сточных вод. В этих работах анализируется совместное влияние сезонных факторов (ледостав, половодье, межень) на интенсивность поступления указанных веществ.

Я. А. Голобокова [5] акцентирует важность международного сотрудничества в охране трансграничных вод. Зарубежные исследования [10, 11] подтверждают, что сельскохозяйственная деятельность и городские стоки в бассейне р. Сунгари (КНР) вносят значительный вклад в загрязнение Амура. В работе А. Н. Махинова и А. Ф. Махиновой [3] раскрыты механизмы концентрирования, миграции и динамика поведения химических соединений в русле Амура в паводковый период. Показано, что при отсутствии техногенных катастроф крупные паводки способствуют выносу загрязняющих веществ, а не их накоплению.

В. П. Шестеркин и Н. М. Шестеркина [12] провели детальное исследование химического состава вод Амура во время экстремальных наводнений. Установлено, что содержание аммонийного азота и фосфатов на гребне паводка было ниже предела обнаружения по всей ширине реки, а нитратного азота – только у левого берега. Резкое снижение концентраций биогенных элементов авторы связывают с деятельностью фитопланктона в условиях повышенной температуры воды. Максимальные значения минерализации и концентрации биогенных веществ зафиксированы в правобережной части и середине русла на гребне и спаде наводнения, что объясняется поступлением вод р. Сунгари, дренирующих затопленные сельхозугодья Китая. Однако данные работы не охватывают межень, ледостав и переходные сезоны, а также не интегрируют антропогенные и природные факторы в единую оценку.

Таким образом, несмотря на значительное количество публикаций, посвященных отдельным аспектам загрязнения р. Амур, отсутствуют систематические исследования, в которых комплексно оценивается совместное влияние антропогенных (сточные воды промышленности и ЖКХ, трансграничный перенос) и сезонных (паводки, межень, ледостав, температурный режим) факторов на органолептические и физико-химические показатели качества воды в районе г. Хабаровск. Большинство работ сосредоточены на экстремальных гидрологических ситуациях, не давая целостной картины в годовом цикле. Это обосновывает актуальность настоящего исследования.

Материалы и методы

Исследование проводилось на реке Амур в районе г. Хабаровск, а также на прилегающих водных объектах, испытывающих различный уровень антропогенной нагрузки. Отбор проб воды осуществляли в два сезонных периода 2025 г.: весенний (4 мая) и осенний (7 сентября). Выбор сроков обусловлен необходимостью учета межсезонных изменений гидрологического и гидрохимического режимов (весеннее половодье, осенняя межень).

Пробы отбирали на шести станциях, выбранных с учетом характера и интенсивности антропогенного воздействия (рис. 1): 1 – фоновый участок – озеро Большое (пойменный водоем, минимально подверженный прямому антропогенному влиянию); 2 – протока Пензенская – потенциальный канал поступления загрязняющих веществ с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий; 3 – участок ниже Амурского моста – зона влияния транспортной магистрали (поверхностный сток с дорожного полотна, продукты износа инфраструктуры); 4, 5 – район ТЭЦ 2 – воздействие промышленных сточных вод (теплоэнергетика); 6 – жилой комплекс «Шантары» – влияние коммунально-бытовых сточных вод.

Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб

– точки отбора проб. Обозначения: 1 – оз. Большое; 2 – протока Пензенская; 3 – 1000 м от моста по течению, Хабаровск, правый берег; 4 – 400 м от ТЭЦ-2 по течению, Хабаровск, правый берег; 5 – 300 м от ТЭЦ-2 против течения, Хабаровск, правый берег; 6 – 100 м от ЖК «Шантары» по течению, Хабаровск, правый берег

На каждой станции отбор проб производили с трех глубинных горизонтов: поверхностный слой (0–5 см); горизонт 15–20 см; горизонт 30–35 см. Отбор проб выполняли с помощью батометра объемом 1,5 л в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024–2020 [13]. Пробы консервировали и транспортировали согласно стандартным процедурам, исключающим вторичное загрязнение и изменение состава. В отобранных пробах определяли следующие физико-химические и органолептические показатели: интенсивность запаха; цветность; водородный показатель (pH); плотность; жесткость общая; содержание взвешенных веществ; хлориды и сульфаты (анионный состав); нитриты (NO_2^-) и нитраты (NO_3^-); железо общее ($Fe_{общ}$); ионы свинца (Pb^{2+}). Указанный перечень позволяет оценить как органолептические свойства воды, так и степень ее загрязнения основными антропогенными поллютантами, характерными для урбанизированных территорий.

Химический анализ проб на содержание тяжелых металлов (железо общее, свинец) выполнен в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Дальневосточному федеральному округу» (ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО»). Измерения проводили на эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой EXPEC 6000 D. Органолептические и основные физико-химические показатели (pH, жесткость, взвешенные вещества, хлориды, сульфаты, нитриты, нитраты, цветность, запах) определялись авторами самостоятельно по стандартным методикам, принятым в гидрохимической практике (включая титриметрические, гравиметрические, фотометрические и

органолептические методы). Контроль качества измерений осуществлялся с помощью градуировочных растворов и холостых проб. Для каждого показателя рассчитывали среднее арифметическое значение по трем горизонтам на каждой станции, стандартное отклонение и коэффициент вариации. Оценка степени загрязнения выполнялась путем сравнения полученных концентраций с установленными ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Целью исследования явилась количественная оценка изменчивости физико-химических и органолептических показателей воды р. Амур под воздействием антропогенных источников и сезонных циклов (весенний паводок и осенняя межень).

Полученные результаты и их обсуждение

Весной интенсивность запаха варьировала от 1 до 3 баллов (очень слабый – заметный), максимальные значения зафиксированы в точках 4 (ТЭЦ-2) и 6 (ЖК «Шантары»). Цветность достигала 125 градусов в протоке Пензенская (точка 2), что указывает на поступление гуминовых веществ и органических соединений с паводковым стоком. Осенью запах практически отсутствовал (0–1 балл), цветность снизилась до 25–75 градусов, но в отдельных пробах у антропогенных объектов оставалась повышенной (до 100 градусов – точка 4 на глубине 15–20 см).

Микроскопирование показало, что весной биологическая активность низкая, вода прозрачная. Осенью отмечен значительный рост нитчатых водорослей Vaucheria sp., Spirotaenia sp., диатомей Synedra и Cymbella, а также появление нематод в протоке Пензенской и в озере Большом. Это свидетельствует о развитии процессов эвтрофикации, связанных с накоплением биогенных элементов в теплый период. Водородный показатель (pH) весной во всех точках был стабильно нейтральным (7,0). Осенью выявлено значительное подкисление придонных слоев (15–20 см) до pH=4–5 в точках 3 (1000 м от моста), 4 (ТЭЦ-2) и 1 (оз. Большое). В точках 5 и 6 на глубине 30–35 см, напротив, отмечена слабощелочная реакция (pH=8). Подкисление может быть следствием накопления органического вещества, его разложения и дыхания гидробионтов.

Весенние значения плотности воды (998,3–999,6 кг/м³) были выше осенних (993,3–997,6 кг/м³), что объясняется сезонным прогревом и снижением минерализации. Наиболее низкая плотность зафиксирована осенью в точке 6 (993,3 кг/м³ на глубине 30–35 см). Концентрации взвешенных веществ были низкими (0,02–0,13 мг/дм³ весной, 0,1–0,3 мг/дм³ осенью). Однако осенью отмечен рост взвесей в точке 4 (0,3 мг/дм³), что может быть связано с ветровым взмучиванием и эрозионными процессами (рис. 2).

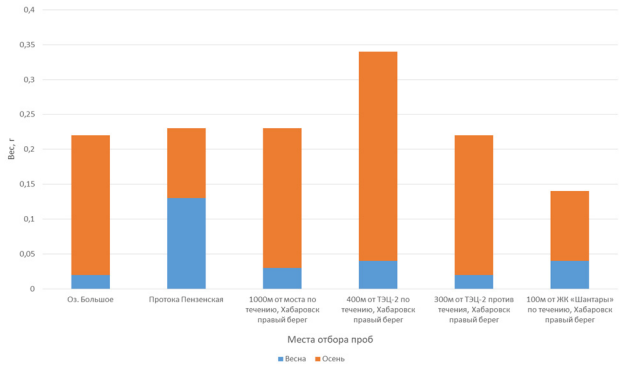


Рисунок 2 – Концентрации взвешенных веществ в воде

Вода во всех точках характеризовалась как «очень мягкая» (0,5–1,5 мг-экв/л). Весенние значения (0,5–0,8) были стабильно низкими, осенью в отдельных точках (оз. Большое, точка 5) отмечено увеличение жесткости в придонных слоях до 1,5 мг-экв/л, что может быть связано с выщелачиванием из донных отложений.

Концентрации хлоридов (Cl^-) варьировали от следовых (<1 мг/дм³) до 50 мг/дм³, что значительно ниже ПДК (300 мг/дм³). Весенние значения были выше осенних, что соответствует общему выносу солей в паводок. Обнаружены критические сезонные превышения концентрации сульфатов (SO_4^{2-}) (ПДК = 100 мг/л). Весной в протоке Пензенская концентрации превышали 500 мг/дм³, у ЖК «Шантары» – 100–500 мг/дм³. В районе ТЭЦ-2 наблюдалась стратификация: в поверхностном слое – 1–10 мг/дм³, в придонных слоях – 100–500 мг/дм³. Осенью концентрации сульфатов упали до следовых (<1 мг/дм³) почти во всех точках, за исключением точки 4 на глубине (100–500 мг/дм³). Это указывает на мощный сезонный источник – паводковый смыв с промышленных и селитебных территорий.

Концентрации нитритов во всех пробах были менее 0,01 мг/дм³ (ПДК = 0,02 мг/дм³), нитратов – 0,001–1 мг/дм³ (ПДК = 40 мг/дм³). Низкий уровень азотистых соединений свидетельствует об отсутствии масштабного поступления неочищенных коммунальных стоков в периоды отбора. Однако в теплый период азот может активно потребляться фитопланктоном.

Весной в 5 из 6 точек концентрации железа общего превышали ПДК (0,1 мг/дм³) и составляли 0,05–0,5 мг/дм³, максимальные – в протоке Пензенская (0,1–0,5 мг/дм³). Осенью содержание железа снизилось до менее 0,05 мг/дм³ практически повсеместно, что связано с осаждением гидроксидов железа и интенсивным разбавлением. Повышенные концентрации в паводок характерны для Амура и обусловлены как природными (почвенно-грунтовые воды), так и антропогенными источниками [14].

Свинец (Pb^{2+}) представляет наибольшую экологическую опасность для водных объектов. Систематическое превышение ПДК (0,006 мг/дм³) зафиксировано во всех точках в оба сезона. Весной максимальная концентрация (0,1 мг/дм³, 16,7 ПДК) отмечена в протоке Пензенская. Осенью высокие концентрации (0,1 мг/дм³) выявлены в придонных слоях точек 3 и 5. Это может свидетельствовать о хроническом загрязнении и ремобилизации свинца из донных отложений в условиях подкисления [15, 16].

Выявлена четкая дифференциация между зонами экологического риска и относительно благополучными зонами. К зонам экологического риска относятся: протока Пензенская (критические концентрации свинца, сульфатов, железа, высокая цветность), участки вблизи ТЭЦ-2 (глубинное загрязнение сульфатами, осеннее подкисление) и ЖК «Шантары» (повышенное содержание сульфатов, органическое загрязнение, запах). Относительно благополучные зоны: озеро Большое и удаленные участки основного русла (точка 3 на поверхности, точка 5 на отдельных горизонтах).

Сезонная динамика проявляется в смене типов воздействия. Весенний паводок («химический кризис») характеризуется пиковыми концентрациями сульфатов, железа, свинца, высокой цветностью и запахом, но при этом pH нейтральный, плотность близка к норме. Осенняя межень («биохимический стресс») отличается снижением химического загрязнения, но развитием подкисления придонных вод, эвтрофикации и вторичного загрязнения тяжелыми металлами из донных отложений. Такая цикличность типична для рек муссонного климата с сильной антропогенной нагрузкой [17, 18].

Полученные результаты согласуются с литературными данными о повышенных концентрациях тяжелых металлов в водах Амура в районе Хабаровска [8, 16]. Систематическое превышение ПДК по свинцу во всех точках указывает на наличие устойчивого антропогенного источника, который может быть связан с промышленными выбросами, старыми захоронениями отходов или трансграничным переносом [5, 11]. Уровень загрязнения свинцом не снижается, а по некоторым точкам даже возрастает, что требует принятия безотлагательных мер.

Высокие концентрации сульфатов весной в протоке Пензенская и у ЖК «Шантары» характерны для паводкового смыва с урбанизированных территорий при использовании противогололедных реагентов. Снижение сульфатов осенью подтверждает их сезонное поступление. Осеннее подкисление придонных вод (pH=4–5) является тревожным сигналом, так как в кислой среде возрастает подвижность тяжелых металлов, что может усиливать их токсическое действие на гидробионты. Рост водорослей и появление нематод свидетельствуют об эвтрофикации, которая часто наблюдается в водоемах с повышенным содержанием биогенных элементов. Однако в исследуемых пробах концентрации азота были низкими, поэтому эвтрофикация может быть связана с фосфором или органическим загрязнением, что требует проведения дальнейших исследований.

Выводы

Установлено, что качество воды реки Амур формируется в результате совместного влияния точечных антропогенных источников и сезонных гидрологических процессов. Отмечено критическое превышение ПДК по свинцу (до 16,7 раз) во всех точках отбора вне зависимости от сезона, что указывает на устойчивый хронический источник загрязнения. В весенний период (паводок) зафиксированы максимальные концентрации сульфатов (превышение ПДК до 5 раз) и общего железа (до 5 ПДК), что связано с поступлением загрязняющих веществ с поверхностным стоком и талыми водами. В осенний период (межень) выявлено подкисление придонных вод (pH 4–5) на участках с высокой аккумуляцией органики и обнаружены признаки эвтрофикации, что свидетельствует о вторичном загрязнении за счет деструкционных процессов в донных отложениях.

Пространственная дифференциация позволила выявить зоны экологического риска – наиболее загрязненными признаны протока Пензенская (эффект транзитного переноса), зона влияния ТЭЦ-2 (промышленные сбросы) и участок жилого комплекса «Шантары» (коммунально-бытовые стоки). Сезонная динамика качества воды в Амуре определяется не только интенсивностью антропогенной нагрузки, но и гидрологическими условиями (паводок способствует выносу загрязнений, межень – накоплению и трансформации в донных отложениях). Полученные данные указывают на необходимость расширения сети регулярных наблюдений с учетом придонных горизонтов, проведения работ по реабилитации донных отложений в зонах хронического загрязнения и усиления контроля за сбросами свинецсодержащих сточных вод. Полученные результаты исследования могут быть использованы администрацией г. Хабаровск и природоохранными органами Хабаровского края при анализе и прогнозировании общей экологической ситуации в бассейне р. Амур, разработке экологических программ и планов водоохранных мероприятий.

Литература

1. Smith, V.H., & Schindler, D.W. Eutrophication science: where do we go from here? / V.H. Smith, D.W. Schindler // Trends in Ecology & Evolution. – 2009. – Vol. 24, No. 4. – P. 201–207.
2. Шевцов М. Н., Мишкин Д. В. Экологическая оценка водных ресурсов города Хабаровск //Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2022. – №. 1 (50). – С. 104–111.
3. Махинов А. Н., Махинова А. Ф. Влияние паводков на процессы концентрирования и миграцию химических соединений в реке Амур //Региональные проблемы. – 2022. – Т. 25. – №. 3. – С. 37–41.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2024 году. [Электронный ресурс] / https://mpr.khabkrai.ru/Deyatelnost/Ekologiya/Gosudarstvennyj-doklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhayuschej-sredy-Habarovskogo-kraya (дата обращения: 18.05.2026).
5. Голобокова Я. А. Экологические проблемы бассейна реки Амур //Власть. – 2008. – №. 3. – С. 105–107.
6. Горбатенко Л. В. Геоэкологическая характеристика водопользования в трансграничном бассейне реки Амур: точечное загрязнение и качество вод //Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2018. – №. 2 (198). – С. 119–129.
7. Кондратьева Л. М. Проблемы организации экологического мониторинга на трансграничном участке реки Амур //Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2022. – №. 2. – С. 38–52.
8. Гаретова Л. А. и др. Биогеохимические особенности вод, почвогрунтов и донных отложений промзоны г. Хабаровска //Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – №. 5. – С. 56–61.
9. Фишер Н. К. и др. Особенности качества воды реки Амур у Хабаровска в мае-июне 2019 года //Региональные проблемы. – 2019. – Т. 22. – №. 3. – С. 58–64.
10. Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., & Yang, Z. Effects of agricultural activities and best management practices on water quality in the Songhua River Basin, China / Y. Jia, L. Wang, Z. Qu, Z. Yang // Water. – 2017. – Vol. 9, No. 12. – P. 977.
11. Wang, J., Liu, G., Liu, H., & Lam, P.K.S. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of the Amur River, China / J. Wang, G. Liu, H. Liu, P.K.S. Lam // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2017. – Vol. 14, No. 8. – P. 842.
12. Шестеркин В. П., Шестеркина Н. М. Гидрохимические особенности вод р. Амур у города Хабаровска в период сильного наводнения 2020 года //Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2022. – №. 1. – С. 97–110.
13. ГОСТ Р 59024–2020. Общие требования к отбору проб. [Электронный ресурс] / https://docs.cntd.ru/document/1200175475 (дата обращения: 18.05.2026).
14. Кулаков В. В., Кондратьева Л. М., Голубева Е. М. Геологические и биогеохимические предпосылки повышенного содержания железа и марганца в воде р. Амур //Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29. – №. 6. – С. 66–76.
15. Ивашов П. В., Сиротский С. Е. Тяжелые металлы в биообъектах водных экосистем бассейна р. Ургал //БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ. – 1998. – С. 50–62.
16. Кот Ф. С. Тяжелые металлы в донных отложениях Среднего и Нижнего Амура //Биогеохимические и экологические оценки техногенных экосистем бассейна реки Амур. – 1994. – С. 123–135.
17. Ким В. И., Махинов А. Н. Прохождение паводочной волны и водный режим в нижнем течении р. Амур //МАТЕРИАЛЫ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ПРОБЛЕМАМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА И ЗАБАЙКАЛЬЯ. – 1991. – С. 513–519.
18. Новороцкий П. В. Климатические изменения в бассейне Амура за последние 115 лет //Метеорология и гидрология. – 2007. – №. 2. – С. 43–53.

Assessment of the Impact of Anthropogenic and Seasonal Factors on the Water Quality of the Amur River in the Area of Khabarovsk City

Tsmokalyuk N.M., Volosnikova G.A., Chernyakova V.A.
Pacific State University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The results of a comprehensive water quality monitoring of the Amur River in the area of Khabarovsk City during the spring (May) and autumn (September) periods of 2025 are presented. The assessment included organoleptic indicators (odor, color), microscopic analysis, physicochemical characteristics (pH, density, suspended solids content, hardness), and concentrations of pollutants (chlorides, sulfates, nitrites, nitrates, total iron, lead). It has been established that water quality is formed under the combined influence of anthropogenic sources (industrial and municipal wastewater, transport) and seasonal hydrological cycles. Critical exceedances of maximum permissible concentrations were identified: for lead – at all sampling points, as well as for sulfates and total iron – during the spring flood period. A clear spatial differentiation was observed between ecological risk zones (the Penzenskaya branch, areas near CHPP-2 and the "Shantary" residential complex) and relatively safe areas. In autumn, acidification of bottom waters and eutrophication processes were recorded, indicating secondary pollution from bottom sediments. Directions for improving the monitoring system and measures to reduce anthropogenic load are proposed.

Key words: Amur River, water quality, anthropogenic impact, transboundary pollution, floods and inundations, wastewater, monitoring, pollutants, maximum permissible concentration, environmental assessment, seasonal dynamics.

References

1. Smith, V.H., & Schindler, D.W. Eutrophication science: where do we go from here? / V.H. Smith, D.W. Schindler // Trends in Ecology & Evolution. – 2009. – Vol. 24, No. 4. – P. 201–207.
2. Shevtsov M. N., Mishkin D. V. Ecological assessment of water resources of the city of Khabarovsk // Bulletin of the Engineering School of Far Eastern Federal University. – 2022. – No. 1 (50). – P. 104–111.
3. Makhinov A. N., Makhinova A. F. The influence of floods on the processes of concentration and migration of chemical compounds in the Amur River // Regional problems. – 2022. – Vol. 25. – No. 3. – P. 37–41.
4. State report on the state and protection of the environment of Khabarovsk Krai in 2024. [Electronic resource] / https://mpr.khabkrai.ru/Deyatelnost/Ekologiya/Gosudarstvennyj-doklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhayuschej-sredy-Habarovskogo-kraya (date of access: 18.05.2026).
5. Golobokova Ya. A. Environmental problems of the Amur River basin // Vlast. – 2008. – No. 3. – P. 105–107.
6. Gorbatenko L. V. Geoecological characteristics of water use in the transboundary Amur River basin: point pollution and water quality // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2018. – No. 2 (198). – P. 119–129.
7. Kondratieva L. M. Problems of organizing environmental monitoring in the transboundary section of the Amur River // Water management of Russia: problems, technologies, management. – 2022. – No. 2. – P. 38–52.
8. Garetova L. A. et al. Biogeochemical characteristics of waters, soils and bottom sediments of the industrial zone of Khabarovsk // Ecology and Industry of Russia. – 2019. – Vol. 23. – No. 5. – P. 56–61.
9. Fisher N. K. et al. Features of water quality of the Amur River near Khabarovsk in May-June 2019 // Regional Problems. – 2019. – Vol. 22. – No. 3. – P. 58–64.
10. Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., & Yang, Z. Effects of agricultural activities and best management practices on water quality in the Songhua River Basin, China / Y. Jia, L. Wang, Z. Qu, Z. Yang // Water. – 2017. – Vol. 9, No. 12. – P. 977.
11. Wang, J., Liu, G., Liu, H., & Lam, P.K.S. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of the Amur River, China / J. Wang, G. Liu, H. Liu, P.K.S. Lam // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2017. – Vol. 14, No. 8. – P. 842.
12. Shesterkin V. P., Shesterkina N. M. Hydrochemical characteristics of the Amur River waters near Khabarovsk during the severe flood of 2020 // Water management of Russia: problems, technologies, management. – 2022. – No. 1. – P. 97–110.
13. GOST R 59024-2020. General requirements for sampling. [Electronic resource] / https://docs.cntd.ru/document/1200175475 (date of access: 18.05.2026).
14. Kulakov V. V., Kondratieva L. M., Golubeva E. M. Geological and biogeochemical prerequisites for the increased content of iron and manganese in the water of the Amur River // Pacific Geology. – 2010. – Vol. 29. – No. 6. – P. 66–76.
15. Ivashov P. V., Sirotsky S. E. Heavy metals in biological objects of aquatic ecosystems of the Urgal River basin // BIOGEOCHEMICAL AND HYDROECOLOGICAL RESEARCH IN THE FAR EAST. – 1998. – P. 50–62.
16. Kot F. S. Heavy metals in bottom sediments of the Middle and Lower Amur // Biogeochemical and ecological assessments of technogenic ecosystems of the Amur River basin. – 1994. – P. 123–135.
17. Kim V. I., Makhinov A. N. Passage of a flood wave and water regime in the lower reaches of the Amur River // PROCEEDINGS OF THE SCIENTIFIC CONFERENCE ON THE PROBLEMS OF WATER RESOURCES OF THE FAR EAST ECONOMIC REGION AND TRANSBAIKALIA. – 1991. – P. 513–519.
18. Novorotsky P. V. Climatic changes in the Amur basin over the past 115 years // Meteorology and hydrology. – 2007. – No. 2. – P. 43–53.

Сравнительный анализ систем генерации горячей воды на основе альтернативных источников энергии для объектов общественного питания

Дикарев Георгий Андреевич
студент, факультет ТИСиТБ, Волгоградский государственный технический университет, foshan.dikaref@mail.ru,

Веселова Наталья Михайловна
к.т.н., доцент кафедры ЭТиТГСВ, Волгоградский государственный технический университет, nata.vesna1971@mail.ru

Цель: сравнить энергоэффективность двух комбинированных систем ГВС (с утилизацией тепла сточных вод и с солнечными коллекторами) и определить, где каждая из них наиболее целесообразна для объектов общественного питания.

Методы: энергетическая эффективность двух комбинированных схем ГВС (рекуперация теплоты сточных вод и вакуумные солнечные коллекторы 12 м²) оценивалась расчётно по годовому тепловому балансу: потребность в теплоте определяли по нагреву объёма воды $V_{год}$ от $t_{хв}$ до $t_{гв}$. Для схемы с рекуперацией рассчитывали температуру преднагрева по принятой температуре стоков и коэффициенту теплоотдачи/потерь, а годовую экономию – по доле расхода, проходящей в режимах мойки. Для солнечной схемы годовую полезную выработку определяли по удельной выработке (кВт·ч/м²·год) с учетом климатических условий и системного КПД. Дополнительно сравнивали влияние схем на пиковую тепловую нагрузку ИТП в часы интенсивной мойки.

Результаты: годовая потребность теплоты на ГВС при расходе 1800 м³/год и нагреве 10→60 °С составляет около 90 Гкал/год. Рекуперация теплоты сточных вод обеспечивает экономию порядка 19 Гкал/год (≈21%) и снижает пиковую нагрузку на ИТП в часы мойки примерно на 40%. Солнечные вакуумные коллекторы площадью 12 м² дают около 6 Гкал/год (≈7%), эффект выраженно сезонный.

Выводы: для объектов общественного питания с интенсивной дневной мойкой посуды рекуперация теплоты сточных вод является более эффективным и согласованным с режимом потребления решением; солнечные коллекторы небольшой площади целесообразны как вспомогательный источник и требуют увеличения площади для заметного вклада в годовой баланс.

Ключевые слова: горячее водоснабжение, энергоэффективность, утилизация тепла сточных вод, рекуперация, солнечные коллекторы, вакуумный коллектор, индивидуальный тепловой пункт, общественное питание.

Введение

Актуальность. Горячее водоснабжение объектов общественного питания характеризуется высокой долей технологического водоразбора и выраженной неравномерностью нагрузки (пиковые режимы в часы мойки), при этом нормативно требуется поддержание температуры ГВС не ниже 60 °С. В условиях роста стоимости энергоресурсов и необходимости снижения нагрузок на тепловые пункты актуальны решения, позволяющие уменьшить потребление теплоты от теплосети и снизить пиковую мощность догрева в ИТП за счёт альтернативных источников энергии.

Научная проблема. Отсутствуют универсальные практические критерии, позволяющие на ранней стадии проектирования обоснованно выбрать, какой альтернативный источник (рекуперация стоков или солнечная система заданной площади) обеспечит больший энергетический эффект и лучше снизит пиковую нагрузку на ИТП при конкретном графике водоразбора, характерном для пищеблоков и столовых.

Цель работы. Выполнить сравнительный анализ энергетической эффективности двух комбинированных схем ГВС для объекта общественного питания (рекуперация теплоты сточных вод + догрев в ИТП; вакуумные солнечные коллекторы 12 м² + бак-аккумулятор + догрев в ИТП) и определить области их предпочтительного применения.

Задачи исследования:

1. Определить базовую годовую потребность теплоты на ГВС при заданном расходе (1800 м³/год) и температурном графике (10→60 °С).
2. Оценить годовую экономию теплоты и долю замещения для схемы с рекуперацией стоков при реалистичных параметрах сточных вод и коэффициенте эффективности теплообмена.
3. Оценить годовую полезную выработку и долю замещения для солнечной системы с вакуумными коллекторами площадью 12 м² с учётом удельной выработки в климатических условиях региона.
4. Сопоставить схемы по влиянию на пиковую нагрузку ИТП в периоды интенсивной мойки, а также обозначить ключевые эксплуатационные ограничения, влияющие на применимость.

Степень разработанности темы в научной литературе. В отечественных и зарубежных работах достаточно полно исследованы:

- солнечные тепловые системы для ГВС (оценка сезонной выработки, КПД, режимы аккумулирования, риски перегрева/стагнации);
- технологии утилизации теплоты сточных вод (схемы «сток–вода», теплообменники, санитарные ограничения, проблемы загрязнения и обслуживания);
- методы расчётной оценки энергосбережения по тепловым балансам и удельным показателям.

В зарубежных исследованиях подробно рассмотрены вопросы сезонной эффективности солнечных тепловых систем, аккумулирования и режимов эксплуатации [16–18], а также технологии утилизации теплоты сточных вод различного происхождения и их энергетический потенциал [19–22].

Вместе с тем сравнительная оценка рекуперации теплоты сточных вод и солнечных коллекторов именно для объектов общественного питания (где тепловыделение стоков и потребление ГВС часто синхронизированы технологическим процессом) представлена в литературе фрагментарно. Недостаточно раскрыт вопрос выбора предпочтительной схемы с учётом пиковых режимов, небольших площадей коллекторов и эксплуатационных ограничений (жироуловители, загрязнение теплообменников, стагнация солнечного контура).

В совокупности приведённые положения показывают, что при наличии значительного массива исследований по солнечным системам ГВС и по утилизации теплоты сточных вод сохраняется методический и прикладной дефицит работ, ориентированных на условия объектов общественного питания с их специфическим графиком водоразбора и пиковыми нагрузками. Это обстоятельство непосредственно подкрепляет актуальность настоящей статьи, направленной на сопоставление указанных технологий в одинаковых исходных условиях и на формирование практических выводов о предпочтительности применения каждой схемы с учётом режима потребления и эксплуатационных ограничений.

Исходные данные и допущения

Объект исследования — столовая образовательной организации, в которой основным потребителем горячей воды является технологическая мойка посуды и санитарная обработка оборудования. Для объекта характерен неравномерный график водоразбора с выраженными дневными пиками (пакетная/циклическая работа моечных ванн и смесителей).

Приняты следующие исходные данные:

- месячное потребление ГВС: $V_{мес}$=150 м^3/мес;
- годовое потребление ГВС: $V_{год}$=1800 м^3/год;
- температура холодной воды: $t_{хв}$=10°C;
- требуемая температура ГВС: $t_{гв}$=60°C;
- источник теплоты для догрева: теплосеть через индивидуальный тепловой пункт (ИТП).

Годовая потребность теплоты на нагрев воды до требуемой температуры рассчитывалась по уравнению теплового баланса:

$Q_{гвс,год}=V_{год}\cdot\rho\cdot c\cdot(t_{гв}-t_{хв})$,

где $\rho\approx1000$ кг/м^3— плотность воды, c=4.186 кДж/(кг·К) — удельная теплоёмкость.

Для инженерных расчётов использован эквивалент в кВт·ч:

$Q_{гвс,год}(кВт\cdot ч)\approx1.163\cdot V_{год}(м^3)\cdot\Delta t$,

где $\Delta t=(t_{гв}-t_{хв})$.

Режим водопотребления

Режим водоразбора ГВС принят неравномерным, с максимумом в дневные часы, обусловленным цикличной работой моечных постов. Для учёта влияния графика на эффективность схем введены три укрупнённых сценария эксплуатации:

Сценарий 1 — учебный день (базовый). Основной расход ГВС приходится на дневной интервал; наибольшая доля потребления связана с мойкой посуды.

Сценарий 2 — выходной/сниженная загрузка. Общее потребление ниже базового; доля технологической мойки сохраняется, но пики выражены слабее.

Сценарий 3 — каникулы/минимальная загрузка. Потребление ГВС существенно снижено; режим моек нерегулярный.

В расчётах годового эффекта для схемы рекуперации использовался параметр V_{rec} — объём воды, проходящий через узел рекуперации при наличии тёплых стоков; величина V_{rec} задавалась как доля $V_{год}$, соответствующая периодам активной мойки (для базового сценария — 0,5 $V_{год}$).

Описание сравниваемых схем ГВС

Схема А — рекуперация теплоты сточных вод + догрев в ИТП. Холодная вода перед узлом приготовления ГВС в ИТП предварительно нагревается в теплообменнике за счёт теплоты сточных вод от моек. Для санитарной развязки рекомендуется применение промежуточного замкнутого контура (промконтур). Наличие жироуловителя и фильтрации сточных вод рассматривается как обязательное условие работоспособности и стабильности теплообмена.

Схема В — вакуумные солнечные коллекторы (12 м²) + бак-аккумулятор + догрев в ИТП. Солнечный контур (с незамерзающим теплоносителем) нагревает бак-аккумулятор через нижний теплообменник; догрев воды до 60°C осуществляется в ИТП по сигналу температуры верхней зоны бака. Максимальная температура бака принята 75°C.

Методика оценки энергетического эффекта

Критерии сравнения: годовая экономия теплоты (кВт·ч/год; Гкал/год), доля замещения теплоты от ИТП (%), изменение пиковой тепловой нагрузки на ИТП в часы интенсивной мойки.

Для схемы А годовой эффект определяется как экономия теплоты за счёт снижения подъёма температуры в ИТП:

$Q_{rec,год}\approx1.163\cdot V_{rec}\cdot(t_{pre}-t_{хв})$,

где t_{pre} – температура воды после узла рекуперации. Температура преднагрева рассчитывалась по укрупнённой зависимости:

$t_{pre}=t_{хв}+\eta\cdot(t_{ст}-t_{хв})$,

где $t_{ст}$ – средняя температура сточных вод в период мойки; η – коэффициент эффективности (учитывает теплообмен и потери).

Оценка влияния на пиковую нагрузку ИТП выполнялась по выражению:

$P\approx1{,}163\cdot G\cdot\Delta t$,

где G — часовой расход ГВС (м³/ч), Δt – требуемый подъём температуры.

Для схемы В годовой эффект оценивался по полезной выработке солнечной системы:

$Q_{sol,год}=A\cdot q_u$,

где A – площадь коллекторов, м²; q_u – удельная полезная выработка (кВт·ч/м²·год) с учётом климатических условий, тепловых потерь и системного КПД.

Подход к оценке годовой полезной выработки по удельным показателям соответствует международной практике предварительного проектирования солнечных тепловых систем [16,17].

Доля замещения теплоты для обеих схем определялась:

$f\frac{Q_{альт}}{Q_{ГВС,год}}\cdot100\%$.

Обоснование выбранных методик

Выбор расчетно-аналитического метода на основе уравнений теплового баланса обусловлен необходимостью получения достоверных инженерных оценок в рамках предварительного проектирования энергосберегающих систем.

1. Расчет потребности в теплоте базируется на фундаментальном уравнении теплопередачи и соответствует требованиям нормативных документов, что обеспечивает адекватность моделирования реальным тепловым нагрузкам ИТП.
2. Оценка эффекта рекуперации с использованием интегрального коэффициента эффективности (η) является общепринятой инженерной практикой. Этот подход позволяет учесть в одном параметре термический КПД теплообменника, тепловые потери в промежуточном контуре и коэффициент несовпадения расходов холодной воды и стоков в реальном времени.
3. Оценка выработки солнечной энергии по удельным показателям (q_u) выбрана как наиболее рациональная для сравнительного анализа. В отличие от сложного динамического моделирования (например, в TRNSYS), использование усредненных региональных метеоданных и эксплуатационных коэффициентов дает достаточную точность (погрешность до 10–15%) для определения целесообразности инвестиций в гелиосистему малой площади.

Описание экспериментальной базы

Экспериментальной (исследовательской) базой послужила действующая столовая образовательного учреждения (г. Волгоград). Для формирования исходной расчетной модели был проведен локальный энергоаудит системы водоснабжения объекта.

Сбор натурных данных включал:

- Регистрацию расходов: снятие показаний коммерческих узлов учета холодного и горячего водоснабжения (крыльчатые водосчетчики с импульсным выходом) для определения суточной и часовой неравномерности потребления.
- Температурный мониторинг: измерение температуры сточных вод в контрольных точках (на выходе из моечных ванн и перед жироуловителем) с помощью погружных термодатчиков и портативных тепловизоров.
- Хронометраж технологических процессов: фиксация времени максимальной загрузки пищеблока (пики работы посудомоечных машин и ручной мойки) для определения параметра $V_{rec,год}$ (доли стоков, пригодных для рекуперации).

Установлено, что средняя температура стоков в период интенсивной мойки составляет 40±2 °C, а график водоразбора имеет ярко выраженный пик с 11:30 до 15:00, на который приходится до 60–70% суточного расхода ГВС. Эти эмпирические данные легли в основу расчетных сценариев.

Методы статистической обработки данных

Поскольку процессы водопотребления носят стохастический (вероятностный) характер, для формирования достоверных исходных данных ($V_{мес}$=150м^3/мес) применялись методы математической статистики:

1. Описательная статистика: вычисление средних арифметических значений суточного потребления воды, расчет дисперсии и среднеквадратического отклонения для оценки стабильности графика водоразбора в учебные дни.
2. Фильтрация аномалий (выбросов): исключение из выборки данных за дни ремонта сетей, праздничные дни и периоды аварийных отключений с применением правила «трех сигм» (3σ), что позволило сформировать очищенный массив типичного технологического потребления.
3. Вероятностная оценка пиковых нагрузок: определение расчетных секундных и часовых расходов воды для вычисления пиковой мощности ИТП проводилось с использованием вероятностных коэффициентов, согласно методике, СНиП/СП (определение вероятности действия санитарно-технических приборов).

4. Доверительные интервалы: для температуры сточных вод ($t_{ст}$) и температуры холодной воды в зимний период ($t_{хв}$) были определены 95%-ные доверительные интервалы, что позволило обосновать консервативный (надежный) подход к расчету коэффициента эффективности рекуперации $\eta \approx 0{,}7$.

Формулировка гипотез

На основе предварительного энергоаудита режима работы столовой были выдвинуты две основные рабочие гипотезы:

Гипотеза 1 (Об энергетической эффективности): для объектов общественного питания с выраженным технологическим водоразбором система рекуперации теплоты сточных вод обеспечит кратно большую годовую долю замещения тепловой энергии по сравнению с вакуумной гелиосистемой малой площади (12 м²).

Гипотеза 2 (О снижении пиковых нагрузок): использование теплоты сточных вод гарантированно снижает пиковую тепловую мощность индивидуального теплового пункта (ИТП) в часы максимальной загрузки пищеблока, в то время как влияние гелиосистемы на пиковую мощность носит вероятностный (стохастический) характер и стремится к минимуму.

Аргументация и проверка гипотез (Анализ данных)

Проверка Гипотезы 1 (Энергетический баланс):

Расчетная базовая потребность объекта в теплоте на ГВС составила 90 Гкал/год (при нагреве 1800 м³ воды от 10 °С до 60 °С).

– Аргумент по солнечной системе: Эмпирические данные инсоляции для климатической зоны Нижнего Поволжья показывают удельную полезную выработку $q_u \approx 600$кВт·ч/м²·год. Для площади 12 м² годовая генерация составляет 7200 кВт·ч (6,2 Гкал/год). Доля замещения теплоты ИТП равна ~7%. Полученные значения удельной выработки находятся в диапазоне, характерном для вакуумных коллекторов в умеренном климате, что согласуется с данными зарубежных исследований [16,18].

– Аргумент по системе рекуперации: эмпирически зафиксировано, что доля воды, проходящая через мойки в активный период (V_{rec}), составляет 50% от годового объема (900 м³). При средней температуре стоков 40 °С и КПД теплообменника 0,7 температура холодной воды повышается с 10 °С до 31 °С. Годовая утилизация теплоты составляет 22 000 кВт·ч (19 Гкал/год). Доля замещения теплоты ИТП равна ~21%. Аналогичные значения эффективности теплоутилизации сточных вод (η = 0,6–0,75) приводятся в работах зарубежных авторов при анализе теплообменников типа «drain water heat recovery» [19,20].

– Вывод по проверке: Гипотеза 1 подтверждена. Рекуперация обеспечила годовой энергетический эффект в 3 раза выше (19 Гкал против 6,2 Гкал), чем гелиосистема заданной площади.

Проверка Гипотезы 2 (Пиковые нагрузки):

Хронометраж выявил пик расхода ГВС на мойку G≈0,66м3/ч в интервале с 11:30 до 15:00. Базовая требуемая мощность ИТП в этот период составляет 38,4 кВт.

– Аргумент по системе рекуперации: Генерация теплоты стоками жестко синхронизирована с потреблением ГВС. Стоки поступают в рекуператор ровно в момент водоразбора. Преднагрев воды до 31 °С снижает требуемую мощность догрева в ИТП до 22,3 кВт. Снижение пиковой нагрузки составляет строго 42%.

– Аргумент по гелиосистеме: В осенне-зимний период или в дни с плотной облачностью запасенная в баке-аккумуляторе теплота может быть исчерпана до наступления пика мойки (на утренние нужды пищеблока). В этом случае в пиковые часы (11:30–15:00) гелиосистема не окажет влияния на ИТП, и тепловой узел должен будет выдать полные 38,4 кВт.

– Вывод по проверке: Гипотеза 2 подтверждена. Рекуперация срезает пик нагрузки детерминированно, гелиосистема — вероятностно.

На основе проведенного сравнительного анализа сформулированы следующие научно-обоснованные утверждения:

Синхронизация профилей: для предприятий общественного питания профиль генерации низкопотенциальной теплоты сточных вод идеально совпадает с профилем потребления ГВС, что исключает необходимость установки баков-аккумуляторов большого объема, обязательных для солнечных систем. Синхронизация профилей генерации и потребления теплоты для предприятий общественного питания подтверждается и в международных исследованиях, где подчеркивается высокая эффективность рекуперации именно при одновременном водоразборе и сливе стоков [21,22].

Эффективность инвестиций в площадь: установка вакуумных коллекторов площадью 12 м² покрывает лишь 7% годовой потребности объекта (1800 м³/год). Для достижения паритета с системой рекуперации (21%) потребуется увеличить площадь гелиополя минимум в 3 раза (до 36 м²), что часто невозможно из-за ограничений площади кровли.

Гарантированное снижение мощности: интеграция узла рекуперации стоков позволяет обоснованно снизить расчетную (установленную) тепловую мощность ИТП по ветви ГВС на 40–42%. Применение солнечных коллекторов не дает нормативного права занижать расчетную мощность ИТП из-за зависимости источника от погодных условий.

Температурный потенциал: сточные воды моек обладают стабильным и высоким температурным потенциалом (в среднем 40 °С круглогодично), не зависящим от сезона, что делает рекуперацию приоритетным базовым (фоновым) решением энергосбережения для столовых. Солнечная энергия в данной конфигурации может рассматриваться исключительно как вспомогательная (сезонная) технология.

Заключение

В работе выполнен сравнительный анализ двух комбинированных схем горячего водоснабжения для объекта общественного питания (столовая образовательной организации): системы с утилизацией низкопотенциальной теплоты сточных вод от моек с догревом в ИТП и системы на основе вакуумных солнечных коллекторов площадью 12 м² с баком-аккумулятором и догревом в ИТП.

Актуальность исследования обусловлена высокой и неравномерной нагрузкой ГВС в пищеблоках, необходимостью поддержания температуры не ниже 60 °С и задачами снижения как годового потребления теплоты, так и пиковых нагрузок на ИТП. На основании теплового баланса при годовом расходе 1800 м³ и нагреве 10→60 °С определена базовая потребность теплоты порядка 90 Гкал/год. Показано, что при характерных параметрах технологических стоков (около 40 °С) и интегральной эффективности теплообмена порядка 0,7 система рекуперации обеспечивает экономию около 19 Гкал/год (≈21% годовой потребности ГВС) и снижает пиковую тепловую мощность догрева в часы интенсивной мойки примерно на 40–42%.

Для солнечной системы площадью 12 м² при укрупнённой оценке удельной полезной выработки получена годовая генерация порядка 6,2 Гкал/год, что соответствует ≈7% замещения теплоты ИТП. Влияние на пиковую нагрузку ограничено сезонностью и зависимостью от текущей инсоляции, а также режимными ограничениями по температуре бака.

Практические результаты рекомендуют рассматривать утилизацию теплоты сточных вод как приоритетное решение для объектов общественного питания с выраженной технологической мойкой и дневными пиками водоразбора. Солнечные коллекторы небольшой площади целесообразно применять как вспомогательный источник, а для сопоставимого вклада в годовой баланс — увеличивать площадь гелиополя и оптимизировать аккумулирование.

Перспективы дальнейших исследований связаны с натурной верификацией расчётных предпосылок (температуры стоков, доли V_{rec}, коэффициента эффективности η), почасовым моделированием режимов работы с учётом фактического графика водоразбора и теплопотерь, а также с выполнением технико-экономической оценки и оптимизацией параметров оборудования (тип теплообменника, схемы промконтура, площадь коллекторов, объём бака и алгоритмы управления) для различных типов предприятий общественного питания.

Литература

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : актуализированная редакция СНиП 41-01–2003 : утв. Минстроем России. — М., 2020.
2. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. — М. : Минстрой России, 1995.
3. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий : актуализированная редакция СНиП 2.04.01–85* : утв. Минстроем России. — М., 2020.
4. СП 124.13330.2012. Тепловые сети : актуализированная редакция СНиП 41-02–2003 : утв. Минрегионом России. — М., 2012 (с изм.).
5. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МЭИ, 2001. — 472 с.
6. СанПиН 2.3/2.4.3590-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения. — М. : Роспотребнадзор, 2020.
7. РД 153-34.0-20.527–98. Методические указания по составлению энергетических характеристик для систем теплоснабжения, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. — М. : РАО «ЕЭС России», 1998.

8. Кудинов, А. А. Энергосбережение в теплотехнологических установках : учеб. пособие. — М. : ИНФРА-М, 2011. — 320 с.

9. Ковалев, В. З.; Сканави, А. Н. Внутренние санитарно-технические устройства зданий : учеб. пособие. — М. : АСВ, 2004. — 368 с.

10. Долинский, А. А.; Драганов, Б. Х. Солнечные системы теплохладоснабжения зданий : монография/учеб. пособие. — Киев : Наукова думка, 2010. — 312 с.

11. ГОСТ Р 51232–98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. — М. : Стандартинформ, 1998.

12. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. — М. : Стандартинформ, 2012.

13. Богословский, В. Н.; Пирумов, А. И.; Посохин, В. Н. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 2. Водопровод и канализация : учебник для вузов. — М. : Стройиздат, 1990. — 319 с.

14. Wong, L. T.; Mui, K. W.; Guan, Y. Shower water heat recovery in high-rise residential buildings // Applied Energy. — 2010. — Vol. 87. — P. 703–709.

15. Weiss, W.; Spörk-Dür, M. Solar Heat Worldwide 2023. Global Market Development and Trends in 2022. — Gleisdorf : IEA Solar Heating & Cooling Programme, 2023. — 86 p.

16. Meggers, F.; Leibundgut, H. The potential of wastewater heat and exergy: Decentralized high-temperature recovery with a heat pump // Energy and Buildings. — 2011. — Vol. 43. — P. 879–886.

17. McNabola, A.; Shields, K. Efficient drain water heat recovery in horizontal domestic shower drains // Energy and Buildings. — 2013. — Vol. 59. — P. 44–49.

18. Kalogirou, S. A. Solar thermal collectors and applications // Progress in Energy and Combustion Science. — 2004. — Vol. 30. — P. 231–295.

19. Hepbasli, A. A review on energetic, exergetic and exergoeconomic aspects of geothermal district heating systems // Energy Conversion and Management. — 2010. — Vol. 51. — P. 2041–2061.

20. Duffie, J. A.; Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. — 4th ed. — Hoboken : John Wiley & Sons, 2013. — 910 p.

21. Culha, O.; Gunerhan, H.; Biyik, E.; Ekren, O. Wastewater source heat pump systems for buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2015. — Vol. 50. — P. 1282–1295.

22. ASHRAE Standard 188–2021. Legionellosis: Risk management for building water systems. — Atlanta : ASHRAE, 2021.

Comparative Analysis of Hot Water Generation Systems Based on Alternative Energy Sources for Public Catering Facilities

Dikarev G.A., Veselova N.M.
Volgograd State Technical University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Objective: to compare the energy efficiency of two combined hot water systems (with waste water heat recovery and with solar collectors) and determine where each of them is most appropriate for public catering facilities.

Methods: the energy efficiency of two combined hot water supply schemes (waste water heat recovery and 12 m2 vacuum solar collectors) was estimated based on the annual heat balance: the heat demand was determined by heating the volume of water V_year from t_y to t_y. For the recuperation scheme, the preheating temperature was calculated based on the accepted wastewater temperature and the heat transfer/loss coefficient, and the annual savings were calculated based on the proportion of consumption occurring in washing modes. For the solar scheme, the annual useful output was determined by the specific output (kWh/m2•year), taking into account climatic conditions and system efficiency. Additionally, the effect of the schemes on the peak thermal load of the ITP during intensive washing hours was compared.

Results: the annual demand for heat for hot water at a flow rate of 1800 m3/year and heating at 10→60 °C is about 90 Gcal/year. Waste water heat recovery provides savings of about 19 Gcal/year (≈21%) and reduces the peak load on the ITP during washing hours by about 40%. Solar vacuum collectors with an area of 12 m2 produce about 6 Gcal/year (≈7%), the effect is strongly seasonal.

Conclusions: for public catering facilities with intensive daytime washing of dishes, waste water heat recovery is a more efficient and consistent solution with the consumption regime; small-area solar collectors are advisable as an auxiliary source and require an increase in area to significantly contribute to the annual balance.

Keywords: Hot water supply, energy efficiency, wastewater heat recovery, heat recuperation, solar collectors, evacuated tube collector, individual heating substation, public catering.

References

1. SP 60.13330.2020. Heating, ventilation, and air conditioning: updated version of SNiP 41-01–2003: approved by the Ministry of Construction of Russia. Moscow, 2020.
2. SP 41-101-95. Design of heating stations. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 1995.
3. SP 30.13330.2020. Internal water supply and sanitation of buildings: updated version of SNiP 2.04.01–85*: approved by the Ministry of Construction of Russia. Moscow, 2020.
4. SP 124.13330.2012. Heating networks: updated version of SNiP 41-02–2003: approved by the Ministry of Regional Development of the Russian Federation. Moscow, 2012 (as amended).
5. Sokolov, E. Ya. District heating and heating networks: textbook for universities. 5th ed., revised and enlarged. Moscow: MPEI Publishing House, 2001. 472 p.
6. SanPiN 2.3/2.4.3590-20. Sanitary and epidemiological requirements for the organization of public catering for the population. Moscow: Rospotrebnadzor, 2020.
7. RD 153-34.0-20.527–98. Methodological guidelines for compiling energy characteristics for heat supply, heating, ventilation, and hot water supply systems. — M.: RAO "UES of Russia", 1998.
8. Kudinov, A. A. Energy saving in heat engineering installations: a textbook. — M.: INFRA-M, 2011. — 320 p.
9. Kovalev, V. Z.; Skanavi, A. N. Internal sanitary and technical devices of buildings: a textbook. — M.: ASV, 2004. — 368 p.
10. Dolinsky, A. A.; Draganov, B. Kh. Solar heating and cooling systems of buildings: a monograph/textbook. — Kyiv: Naukova Dumka, 2010. — 312 p.
11. GOST R 51232–98. Drinking water. General requirements for the organization and methods of quality control. — M. : Standartinform, 1998.
12. GOST 30494–2011. Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters. — M. : Standartinform, 2012.
13. Bogoslovsky, V. N.; Pirumov, A. I.; Posokhin, V. N. Internal sanitary devices. Part 2. Water supply and sanitation: a textbook for universities. — M. : Stroyizdat, 1990. — 319 p.
14. Wong, L. T.; Mui, K. W.; Guan, Y. Shower water heat recovery in high-rise residential buildings // Applied Energy. — 2010. — Vol. 87. — P. 703–709.
15. Weiss, W.; Spörk-Dür, M. Solar Heat Worldwide 2023. Global Market Development and Trends in 2022. - Gleisdorf: IEA Solar Heating & Cooling Programme, 2023. - 86 p.
16. Meggers, F.; Leibundgut, H. The potential of wastewater heat and exergy: Decentralized high-temperature recovery with a heat pump // Energy and Buildings. - 2011. - Vol. 43. - P. 879–886.
17. McNabola, A.; Shields, K. Efficient drain water heat recovery in horizontal domestic shower drains // Energy and Buildings. — 2013. — Vol. 59. - P. 44–49.
18. Kalogirou, S. A. Solar thermal collectors and applications // Progress in Energy and Combustion Science. - 2004. - Vol. 30. - P. 231–295.
19. Hepbasli, A. A review on energetic, exergetic and exergoeconomic aspects of geothermal district heating systems // Energy Conversion and Management. - 2010. - Vol. 51. - P. 2041–2061.
20. Duffie, J. A.; Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. — 4th ed. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. — 910 p.
21. Culha, O.; Gunerhan, H.; Biyik, E.; Ekren, O. Wastewater source heat pump systems for buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2015. — Vol. 50. - P. 1282–1295.
22. ASHRAE Standard 188–2021. Legionellosis: Risk management for building water systems. - Atlanta: ASHRAE, 2021.

Генетико-адаптивная методика оценки и управления рисками информационной безопасности телекоммуникационных сетей

Димов Роман Владимирович
аспирант, факультет Информационных технологий, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», dimowroman@yandex.ru,

Романников Александр Николаевич
к.э.н., доцент кафедры Организационного менеджмента, Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
alexanderromannikov@gmail.com

В статье рассматривается методика оценки и управления рисками информационной безопасности телекоммуникационных сетей, функционирующих в условиях неопределенности и нечеткости исходных данных. Обоснована необходимость перехода от статических детерминированных моделей к гибридной нечётко-вероятностной логике, позволяющей учитывать неполноту статистики инцидентов, лингвистический характер экспертных оценок ущерба и изменчивость угрозной среды. Предложена структура методики, объединяющая гибридную модель риска, защищенную коллективную агрегацию локальных оценок на основе MPC-Fuzzy Aggregation, генетический алгоритм выбора контрмер и адаптивный контур перенастройки защитных действий. Показано, что применение генетического алгоритма позволяет рассматривать выбор мер защиты как многокритериальную оптимизационную задачу, в которой одновременно учитываются остаточный риск, стоимость контрмер, эксплуатационные ограничения и требуемый уровень надежности сервисов. По результатам вычислительного эксперимента установлено, что адаптивный алгоритм обеспечивает снижение среднего ущерба на 60,1 % в режиме Монте-Карло и на 57,2 % в режиме эволюционного генератора угроз, а также формирует положительный экономический эффект за один расчетный период.

Ключевые слова: информационная безопасность, риск, телекоммуникационные сети, нечеткая логика, генетический алгоритм, MPC-Fuzzy Aggregation, адаптивное управление, остаточный риск, киберугрозы, экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Телекоммуникационные сети финансовых организаций выступают инфраструктурой непрерывного обмена платежными, клиентскими и служебными данными. Их устойчивость зависит не только от технической надежности каналов связи и программных компонентов, но и от способности организации своевременно распознавать изменяющиеся риски информационной безопасности. В отличие от относительно стабильных инженерных рисков, киберриски имеют подвижную природу: угрозы меняются быстрее, чем успевает накопиться репрезентативная статистика, а последствия инцидентов нередко оцениваются экспертно, через качественные признаки ущерба и критичности активов.

Обычная детерминированная модель оценки риска плохо согласуется с такой средой. Она предполагает, что вероятность события, величина ущерба и эффект контрмер могут быть заранее заданы точными числами. На практике аналитик работает с неполными журналами событий, противоречивыми экспертными суждениями, неоднородными активами и ограниченным бюджетом защиты. Поэтому риск-менеджменту требуется модель, способная объединить количественные и качественные данные, сохранив при этом возможность формального расчета и экономического обоснования управленческого решения.

Цель статьи состоит в представлении методики оценки и управления рисками информационной безопасности телекоммуникационных сетей на основе гибридной нечётко-вероятностной модели, защищённой агрегированной оценки риска и генетического алгоритма оптимизации контрмер. В отличие от подходов, ограниченных ранжированием угроз, предлагаемая методика связывает оценку риска с выбором конкретной конфигурации защитных мер и с последующей адаптацией этой конфигурации при изменении угрозной среды.

МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ РИСКА

Исходной предпосылкой методики является признание двойственной природы неопределенности. С одной стороны, организация сталкивается со стохастической неопределенностью: атаки и инциденты возникают с разной вероятностью, интенсивность угроз меняется, а исторические данные не всегда позволяют построить устойчивое распределение. С другой стороны, присутствует нечеткость экспертного описания последствий: ущерб может быть «низким», «средним» или «высоким», при этом границы между этими состояниями не являются жесткими [1].

В качестве базовой единицы анализа рассматривается сочетание угрозы, уязвимости и актива. Для каждой комбинации определяется вероятность реализации угрозы и уровень возможного ущерба. Ущерб формируется через три классических свойства информационной безопасности: конфиденциальность, целостность и доступность. Для финансово-телекоммуникационной среды повышенное значение имеют нарушения конфиденциальности и целостности, поскольку они способны приводить не только к операционным потерям, но и к регуляторным, репутационным и клиентским последствиям [2].

Формально риск отдельного воздействия может быть представлен следующим образом:

$$R_{ij} = \tilde{P}(T_i, V_j) \times \tilde{I}(A_j),$$

где $\tilde{P}(T_i,V_j)$ обозначает нечётко заданную возможность реализации угрозы через уязвимость, а $\tilde{I}(A_j)$ отражает оценку ущерба для соответствующего актива. Ущерб актива задается как взвешенная комбинация потерь конфиденциальности, целостности и доступности:

$$\tilde{I}(A_j) = \alpha C_j + \beta I_j + \gamma A_j,\ \alpha + \beta + \gamma = 1.$$

В экспериментальной параметризации использованы веса $\alpha = 0{,}40$, $\beta = 0{,}35$ и $\gamma = 0{,}25$. Такая структура не означает универсальности указанных коэффициентов, но задает воспроизводимую основу расчета и может быть адаптирована под конкретную организацию [3]. Интегральный риск телекоммуникационной системы определяется суммированием вкладов по всем значимым сочетаниям угроз, уязвимостей и активов:

$$R\Sigma = \Sigma_i \Sigma_j \tilde{P}_{ij} \times \tilde{I}_j.$$

Достоинство такой постановки состоит в том, что она не требует искусственного сведения всех параметров к точным значениям. Вероятностная часть модели сохраняет связь с наблюдаемыми инцидентами и статистикой, а нечёткая часть позволяет корректно включать экспертные оценки, когда статистических данных недостаточно или они быстро устаревают.

Таблица 1
Составные элементы гибридной методики оценки и управления рисками

Элемент методики	Содержание	Управленческий результат
Гибридная оценка риска	Совмещение вероятностных оценок угроз и нечётких оценок ущерба	Получение интегрального риска без жесткой детерминизации параметров
MPC-Fuzzy Aggregation	Защищённое совместное вычисление агрегированной оценки риска	Коллективная оценка без раскрытия локальных данных участников
Генетическая оптимизация	Поиск набора контрмер с учетом риска, затрат и эксплуатационных ограничений	Выбор рациональной конфигурации защиты
Адаптивный контур	Повторный пересчет риска и перенастройка мер при изменении среды	Снижение остаточного риска в динамических сценариях

ЗАЩИЩЕННАЯ АГРЕГИРОВАННАЯ ОЦЕНКА РИСКА

Особое значение для телекоммуникационных сетей финансового профиля имеет распределенный характер данных. Риск может формироваться на стыке нескольких организаций, сервисных провайдеров, процессинговых центров и инфраструктурных участников, однако прямой обмен закрытыми параметрами риска часто невозможен. Причинами выступают требования конфиденциальности, коммерческая чувствительность данных, ограничения регулятора и различия во внутренних политиках безопасности [4].

Для решения этой задачи в методику включается алгоритм MPC-Fuzzy Aggregation. Его логика основана на идее безопасных многопартийных вычислений: участники совместно получают агрегированную оценку риска, но не раскрывают друг другу исходные локальные показатели. Каждый участник передает не открытые значения, а криптографически разделенные представления частных оценок. В результате коллективный вывод становится доступен для анализа, тогда как локальные данные остаются защищенными.

Алгоритм принимает на вход локальные нечётко-вероятностные оценки риска, параметры наблюдаемости и доверительные характеристики данных, а также параметры MPC-протокола. На выходе формируется агрегированная оценка риска, показатель неопределенности результата и данные для последующего оптимизационного и адаптивного контуров. Такой результат важен не только технически, но и организационно: он позволяет строить совместный риск-анализ в межорганизационной среде, где невозможна полная централизация информации [5].

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА КОНТРМЕР

После получения оценки риска возникает задача выбора мер защиты. Она не сводится к механическому включению всех возможных контрмер, поскольку ресурсы организации ограничены, а избыточная защита может ухудшать эксплуатационные характеристики сервисов. Поэтому выбор контрмер рассматривается как многокритериальная оптимизационная задача, в которой необходимо минимизировать остаточный риск, контролировать затраты и не допустить неприемлемой деградации качества обслуживания [6].

Генетический алгоритм применяется потому, что пространство возможных решений имеет комбинаторный характер. Каждая контрмера может быть включена или исключена, отдельные меры могут усиливать или дублировать друг друга, а итоговая эффективность зависит от их сочетания. В такой постановке полный перебор становится нерациональным, особенно при большом числе угроз, активов и вариантов защиты. Генетический алгоритм позволяет искать приемлемое решение за счет последовательной эволюции популяции альтернатив.

Хромосома в предлагаемой модели кодирует конфигурацию защитных мер. Функция приспособленности учитывает дефаззифицированную величину остаточного риска, стоимость реализации контрмер, возможную деградацию качества телекоммуникационных сервисов и показатель надежности функционирования. Общий вид функции может быть представлен так:

$$F(Z) = Defuzz(R(Z)) + \lambda_1 Cost(Z) + \lambda_2 Deg(Z) - \lambda_3 Rel(Z).$$

Минимизация функции приспособленности означает поиск такого набора мер, при котором остаточный риск и затраты находятся в рациональном соотношении. Использование штрафных коэффициентов позволяет учитывать бюджетные ограничения, требования к доступности сервисов и допустимый уровень эксплуатационной нагрузки. В эксперименте применялись следующие параметры генетического алгоритма: размер популяции — 60 хромосом, число поколений — 40, вероятность кроссовера — 0,80, вероятность мутации — 0,10, метод отбора — турнирный [7].

АДАПТИВНЫЙ КОНТУР УПРАВЛЕНИЯ

Даже оптимальный на момент расчета набор защитных мер со временем теряет актуальность. Изменение интенсивности угроз, появление новых уязвимостей, рост нагрузки на сервисы и изменение бизнес-процессов приводят к тому, что остаточный риск начинает отклоняться от приемлемого уровня. Поэтому методика дополняется адаптивным контуром, который обеспечивает регулярный мониторинг параметров среды, пересчет риска и повторный запуск оптимизационной процедуры при достижении заданных порогов [8].

Адаптивный контур работает как замкнутая система обратной связи. На первом этапе он получает данные мониторинга и обновляет локальные оценки вероятностей и ущерба. На втором этапе выполняется агрегирование, включая коллективную оценку риска при наличии нескольких участников. На третьем этапе генетический алгоритм пересчитывает конфигурацию контрмер. На четвертом этапе управленческое решение интерпретируется через остаточный риск, стоимость, прогнозируемый ущерб и показатели экономической отдачи [9].

Такой подход отличается от статической защиты тем, что не рассматривает риск как единовременно рассчитанную величину. Риск трактуется как управляемый динамический показатель, который требует регулярной проверки и корректировки. Это особенно важно для финансово-телекоммуникационных систем, где задержка реакции на изменение угроз может привести к быстрому накоплению ущерба и росту вероятности успешного пробива защиты [10].

ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ

Апробация методики проведена на экспериментальной платформе имитационного моделирования. Платформа включает два независимых блока: генератор угроз и генератор управления угрозами. Первый блок формирует сценарии атакующих воздействий, интенсивность угроз и уровень наблюдаемости среды. Второй блок реализует сравниваемые стратегии управления, включая статическую защиту, пороговые правила, нечёткую оценку, гибридную оценку риска, MPC-Fuzzy Aggregation, генетическую оптимизацию и предложенный адаптивный алгоритм.

Использовались два режима формирования угрозной среды. Режим Монте-Карло отражает случайное возникновение угроз и служит базовой проверкой устойчивости алгоритмов. Режим эволюционного генератора угроз моделирует более жесткую ситуацию, при которой атакующие сценарии отбираются по двум целям: максимизация ущерба и максимизация доли успешных пробивов защиты. Такое разделение позволяет оценить методику как в обычных условиях неопределенности, так и в условиях адаптивно усиливающегося воздействия.

Для оценки эффективности использовались средний ущерб, доля успешных пробивов, время до пробива, остаточный риск, неопределенность результата, затраты на защиту и время реакции. Включение нескольких критериев принципиально важно, поскольку снижение риска не должно достигаться любой ценой: управленческое решение должно быть экономически оправданным и совместимым с требованиями к непрерывности телекоммуникационных сервисов.

Таблица 2
Сравнение стратегий управления рисками в двух режимах моделирования

Стратегия	Ущерб, млн руб. Монте-Карло	Остаточный риск Монте-Карло	Ущерб, млн руб. эволюционный режим	Остаточный риск эволюционный режим
S0 Статическая защита	24,8	0,71	37,6	0,86
S3 Гибридная оценка риска	15,4	0,52	24,7	0,67
S4 MPC-Fuzzy Aggregation	14,6	0,50	23,5	0,65
S5 Оптимизация контрмер (GA)	11,8	0,41	18,9	0,54
S6 Адаптивное управление	9,9	0,36	16,1	0,49

Полученные результаты показывают последовательное улучшение показателей по мере усложнения управленческого контура. Переход от статической защиты к гибридной оценке риска уже снижает средний ущерб, однако наиболее выраженный эффект достигается при включении генетической оптимизации и адаптивной перенастройки. В режиме Монте-Карло средний ущерб снижается с 24,8 до 9,9 млн руб., а остаточный риск — с 0,71 до 0,36. В эволюционном режиме, где угрозная среда

является более агрессивной, ущерб снижается с 37,6 до 16,1 млн руб., а остаточный риск — с 0,86 до 0,49.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для прикладного использования методики важна не только техническая результативность, но и экономическая объяснимость. В финансово-телекоммуникационной организации решение о внедрении дополнительного контура защиты требует сопоставления затрат и предотвращенного ущерба. Поэтому эффективность адаптивного алгоритма была оценена через предотвращенный ущерб, дополнительные затраты, чистый экономический эффект, ROI и срок окупаемости.

Предотвращенный ущерб определяется как разность между ожидаемым ущербом при базовой стратегии и ущербом при использовании адаптивного алгоритма:

$\Delta L = L(S0) - L(S6)$.

Чистый экономический эффект определяется как предотвращенный ущерб за вычетом дополнительных затрат на реализацию адаптивного контура:

$E = \Delta L - \Delta C$; $ROI = E / \Delta C \times 100\%$; $PP = \Delta C / \Delta L$.

Таблица 3
Экономическая эффективность адаптивного алгоритма управления рисками

Показатель	Монте-Карло	Эволюционный генератор угроз
Ущерб при базовой стратегии S0, млн руб.	24,8	37,6
Ущерб при стратегии S6, млн руб.	9,9	16,1
Предотвращённый ущерб, млн руб.	14,9	21,5
Дополнительные затраты, млн руб.	5,5	6,1
Чистый экономический эффект, млн руб.	9,4	15,4
Снижение ущерба относительно S0, %	60,1	57,2
ROI, %	170,9	252,5
Срок окупаемости, расчетных периода	0,37	0,28

В режиме Монте-Карло предотвращенный ущерб составил 14,9 млн руб. при дополнительных затратах 5,5 млн руб.; чистый экономический эффект достиг 9,4 млн руб., а ROI — 170,9 %. В эволюционном режиме предотвращенный ущерб увеличился до 21,5 млн руб., дополнительные затраты составили 6,1 млн руб., а чистый эффект достиг 15,4 млн руб. при ROI 252,5 %. Следовательно, чем более агрессивной становится угрозная среда, тем выше практическая ценность адаптивного контура управления.

Срок окупаемости дополнительных вложений оказался меньше одного расчетного периода в обоих сценариях. Это позволяет рассматривать предложенную методику не только как инструмент повышения защищенности, но и как механизм экономически обоснованного распределения бюджета информационной безопасности. Для финансово-телекоммуникационных организаций такой вывод особенно существенен, поскольку затраты на защиту должны быть связаны с измеряемым снижением ожидаемых потерь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная генетико-адаптивная методика оценки и управления рисками информационной безопасности телекоммуникационных сетей позволяет преодолеть ограничения статических и детерминированных моделей. Ее основой является гибридное представление риска, в котором вероятностная компонента отражает случайность реализации угроз, а нечёткая компонента — экспертную неопределенность ущерба и критичности активов.

Алгоритм MPC-Fuzzy Aggregation расширяет применимость методики для распределенной среды, где данные принадлежат разным участникам и не могут передаваться в открытом виде. Генетический алгоритм обеспечивает выбор рационального набора контрмер с учетом остаточного риска, затрат и эксплуатационных ограничений. Адаптивный контур позволяет поддерживать актуальность защитной конфигурации при изменении угрозной среды.

Вычислительный эксперимент подтвердил, что наиболее результативной является стратегия S6, объединяющая адаптивное управление и генетическую оптимизацию. По сравнению со статической защитой она обеспечивает снижение среднего ущерба на 60,1 % в режиме Монте-Карло и на 57,2 % в режиме эволюционного генератора угроз. Экономическая интерпретация результатов показывает положительный чистый эффект и окупаемость дополнительных вложений менее чем за один расчетный период. Это позволяет рекомендовать методику для применения в банках, процессинговых центрах, телекоммуникационных операторах и иных организациях, где риск информационной безопасности зависит от распределенной инфраструктуры, неполных данных и динамики угроз.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005–2022. Информационная безопасность, кибербезопасность и защита частной жизни. Руководство по управлению рисками информационной безопасности. М.: Стандартинформ, 2023.
2. ГОСТ Р 59339–2021. Системная инженерия. Защита информации в процессе управления рисками для системы. М.: Стандартинформ, 2021. 42 с.
3. Петренко С.А., Симонов С.В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2024.
4. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 2018.
5. Gassata L.M. A Genetic Algorithm as an Alternative Tool for Security Audit Trails Analysis. Электронный ресурс.
6. Жуков В.Г., Паротькин Н.Ю. Дифференцированный адаптивный генетический алгоритм // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2021. Т. 9, вып. 1. С. 5–11.
7. Bojanc R. Quantitative Model for Information Security Risk Management // Journal of Information Security. 2012.
8. Al-Dabbagh R.D., Tamjidyamcholo A. Genetic Algorithm Approach for Risk Reduction of Information Security // European Journal of Scientific Research. 2017.
9. Mayadunne S. An Economic Model to Evaluate Information Security Investment Decisions. 2016.
10. Sobchuk V., Barabash O., Musienko A., Tsyganivska I., Kurylko O. Mathematical Model of Cyber Risks Management Based on the Expansion of Piecewise Continuous Analytical Approximation Functions of Cyber Attacks in the Fourier Series // Axioms. 2023. Vol. 12, № 10.

Genetic-adaptive method for assessing and managing information security risks in telecommunication networks

Dimov R.V., Romannikov A.N.
Moscow Financial and Industrial University "Synergy"

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article examines a methodology for assessing and managing information security risks in telecommunication networks operating under conditions of uncertainty and fuzzy initial data. The need for a transition from static deterministic models to a hybrid fuzzy-probabilistic logic is substantiated, allowing for the incompleteness of incident statistics, the linguistic nature of expert damage assessments, and the variability of the threat environment. A methodology is proposed that combines a hybrid risk model, secure collective aggregation of local assessments based on MPC-Fuzzy Aggregation, a genetic algorithm for selecting countermeasures, and an adaptive loop for reconfiguring protective actions. It is shown that the use of a genetic algorithm allows for considering the selection of protective measures as a multi-criteria optimization problem that simultaneously considers residual risk, countermeasure costs, operational constraints, and the required level of service reliability. A computational experiment revealed that the adaptive algorithm reduces average damage by 60.1% in Monte Carlo simulation and by 57.2% in evolutionary threat generator mode, while also generating a positive economic effect over a single calculation period.

Keywords: information security, risk, telecommunication networks, fuzzy logic, genetic algorithm, MPC-Fuzzy Aggregation, adaptive control, residual risk, cyber threats, economic efficiency.

References

1. GOST R ISO/IEC 27005–2022. Information security, cybersecurity, and privacy protection. Guide to information security risk management. Moscow: Standartinform, 2023.
2. GOST R 59339–2021. Systems engineering. Information protection in the process of system risk management. Moscow: Standartinform, 2021. 42 p.
3. Petrenko S.A., Simonov S.V. Information risk management. Economically justified security. Moscow: IT Company; DMK Press, 2024.
4. Saati T. Decision making: the analytic hierarchy process. Moscow: Radio and Communications, 2018.
5. Gassata L.M. A Genetic Algorithm as an Alternative Tool for Security Audit Trails Analysis. Electronic resource.
6. Zhukov V.G., Parotkin N.Yu. Differentiated adaptive genetic algorithm // Bulletin of the Novosibirsk State University. Series: Information Technologies. 2021. Vol. 9, issue 1. pp. 5–11.
7. Bojanc R. Quantitative Model for Information Security Risk Management // Journal of Information Security. 2012.
8. Al-Dabbagh R.D., Tamjidyamcholo A. Genetic Algorithm Approach for Risk Reduction of Information Security // European Journal of Scientific Research. 2017.
9. Mayadunne S. An Economic Model to Evaluate Information Security Investment Decisions. 2016.

Интенсификация режимов вибрационного фильтрования суспензий осадка сточных вод при их утилизации

Гордеев Евгений Николаевич
кандидат технических наук, доцент, Заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) филиал в г. Златоусте, gordeeven@susu.ru,

Кузьминых Олег Владимирович
ст. преподаватель, кафедра «Промышленное и гражданское строительство», Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) филиал в г. Златоусте, kuzminykhov@susu.ru,

Добринская Анастасия Андреевна
кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный технический университет, sax.nastya@yandex.ru,

Юрьев Юрий Юрьевич
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный технический университет, yuriy-yuriev@yandex.ru

В отечественной практике острой экологической проблемой является утилизация сточных вод городских, промышленных, фармацевтических, пищевых, горнодобывающих и других предприятий. Для очистных сооружений сложной задачей остается обезвоживание осадков, относящихся к труднофильтруемым суспензиям коллоидного типа и обладающих комплексом нетривиальных свойств по сравнению с водой. Преодолеть эти трудности возможно за счет нового подхода к обезвоживанию, основанного на вибрационном воздействии на осадок и взаимодействующую с ним фильтрующую систему.
Предмет исследования: интенсификация вибрационного фильтрования и обезвоживания осадка сточных вод при его транспортировании по трубопроводу с помощью встроенного сетчатого фильтра и вибровоздействия.
В статье использованы теоретический анализ, математическое описание колебаний в вязкой среде и компьютерное моделирование в SOLIDWORKS Flow Simulation для оценки глубины проникновения вибраций и зон ожижения осадка. Теоретический анализ и компьютерное моделирование позволили визуализировать и оптимизировать режимы вибрационного воздействия; натурный эксперимент подтвердил эффективность предлагаемого метода. Предложенный вибрационный способ эффективнее традиционного фильтрования, поскольку снижает вязкость среды и засорение фильтра, усиливает отделение воды и позволяет совмещать обезвоживание с транспортированием осадка. Статья представляет интерес для проектировщиков и исследователей, занимающихся очисткой промышленных и бытовых стоков. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и совершенствовании существующих систем утилизации в различных отраслях страны.
Ключевые слова: вибрационное фильтрование, труднофильтруемая суспензия, осадок сточных вод, моделирование.

Введение

Осадки сточных вод или активный ил, полученный после операции биологической очистки, обычно относят к труднофильтруемым суспензиям коллоидного типа, обладающие, в сравнении с водой, целым рядом нетривиальных реологических свойств [1]. К группе таких суспензий традиционно относят также глинистые шламы горно-обогатительной промышленности, промывные воды и шламы металлургических и гальванических производств, содержащие гидроксиды металлов (Fe, Al, Cr, Zn), образующих коллоидные формы [2-4], а также продукция и отходы пищевых и фармацевтических производств, отходы красителей и пигментов [4, 5]. Такие свойства позволяют отнести их к трудноутилизируемым отходам, требующим новых подходов. Утилизация таких отходов является важной и технологически сложной задачей, в основе решения которой как правило, лежит процесс удаления воды или процесс обезвоживания. Особую важность этот процесс приобретает в крупных городах или вблизи них [6]. Рост городов, уплотненная застройка, использование для строительства прилегающих к городу территорий, предъявляют к очистным сооружениям такие требования как компактность и изолированность, при высокой производительности. В этом аспекте, проблемы совершенствования существующих и создания новых очистных сооружений, посредством интенсификации процессов обезвоживания, могут быть решены путем совмещения технологических операций, в частности совмещением операции транспортировки и обезвоживания. Такое совмещение возможно при использовании в качестве обезвоживающего процесса операцию фильтрования.

Поскольку рассматриваемые осадки сточных вод являются в основной своей массе труднофильтруемыми коллоидными суспензиями, перспективным направлением интенсификации процессов их очистки и обезвоживания можно считать использование вибраций [7-9]. Это позволяет решить обозначенный круг проблем, с одновременным повышением производительности, совмещая процесс транспортировки и обезвоживания фильтрованием. Для этого в стенки трубы, предназначенной для транспортировки осадка сточных вод, предлагается встраивать сетки – фильтры для стока воды. Поскольку перемещение осадка по трубе происходит самотеком или под небольшим давлением простое наличие сетки-фильтра малоэффективно и даже может привести к отрицательному результату в результате увеличения гидравлического сопротивления стенок трубопровода. Эту проблему предлагается решить за счет использования вибрационного воздействия на фильтрующую систему и транспортируемый осадок. Реализуется такой процесс (рисунок 1) посредством вибрационного воздействия на транспортируемый осадок 1 и сетчатый фильтр 2, встроенного в стенки трубопровода 3, которому сообщаются вынужденные круговые колебания, генерируемые регулируемым вибровозбудителем 4, например, планетарного типа. Участок трубопровода с сетчатым фильтром проходит внутри дренажного отсека 5, для удаления отфильтрованной воды 6. Внутренняя труба и дренажный отсек соединены между собой упругой связью 7. Представленный подход позволит интенсифицировать обезвоживание осадка сточных вод, снижая время разделения твердой и жидкой фазы осадка.

Для подтверждения эффективности предлагаемого процесса рассмотрим действие вибрации и вибрационные эффекты, возникающие в таком устройстве.

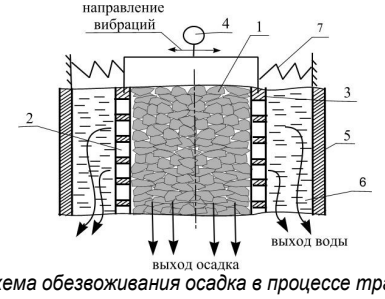


Рисунок 1. Схема обезвоживания осадка в процессе транспортирования по трубопроводу

Вынужденные колебания трубопровода и сетки-фильтра, генерируемые вибровозбудителем, передаются на упруго-вязкую среду суспензии осадка. В работе [10] отмечается, что в таком случае суспензию можно представить, как эквивалент некоторой жидкости, более вязкой,

чем жидкость, несущая частицы суспензии. Анализируя процесс вибрационного перемещения сетки-фильтра в среде обезвоживаемого осадка, который может быть представлен вязкой несжимаемой жидкостью, следует учесть, что оболочка трубы и фильтр также сообщают вынужденные колебания осадку внутри трубы [10]. Однако вследствие наличия диссипативной составляющей, сетка-фильтр и осадок не будут двигаться синфазно, т.е. сетка-фильтр будет двигаться относительно осадка. Для оценки взаимодействия такой жидкости и фильтрующей оболочки, модель процесса представляется как вибрационное перемещение этой оболочки в жидкости с определенной вязкостью [10-12].

Материалы и методы исследований

Согласно известным законам, действие жидкости сводят к силе, зависящей от свойств жидкости и характеристик перемещающегося тела, а также от скорости. Приняв свойства жидкости и характеристики тела в изучаемом процессе постоянными, рассмотрим упрощенно движение сетки-фильтра как пластины в жидкости относительно изменения скорости. Рассматривая такую задачу в слое жидкости, многократно превышающем толщину пластины, можно воспользоваться её решением [10, 13]. Задача сводится к решению уравнений:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{1}{\rho}\text{grad}\, p + \nu\Delta V, \quad \text{div } V=0,$$

где V – скорость жидкости, м/с,

p – давление жидкости, Па

ρ – плотность жидкости, кг/м3 ,

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с

Δ – оператор Лапласа.

Граничные условия заключаются в равенстве нулю скорости жидкости на бесконечном удалении от центра тела и равенстве скоростей жидкости на поверхности пластины, или сетки-фильтра совершающего поступательные гармонические колебания перпендикулярно поверхности [10], по гармоническому закону с частотой ω. В соответствии с исследованиями Стокса [10-13], для распределения скоростей в толще жидкости, по мере удаления от поверхности сетки-фильтра справедливо соотношение:

$$V = V_0\, e^{-\beta x}\cos(\omega t - \beta x)$$

где V – скорость жидкости, м/с,

V_0 – скорость на поверхности пластины, м/с,

ω– частота колебаний, Гц,

β – коэффициент $\beta = \sqrt{\frac{\omega}{2\nu}}$,

x – расстояние от поверхности, м,

t – время, с.

Из формулы следует, что сетка-фильтр вовлекает жидкость в колебательное движение, с частотой ω с убывающей по экспоненте амплитудой. Глубина проникновения δ колебаний [7, 10, 11] можно определить согласно выражению:

$$\delta = 3\sqrt{\frac{2V}{\omega}}$$

Из формулы видно существенное уменьшение этой величины по мере увеличения частоты колебаний, а значит жидкость обладает свойствами фильтра высоких частот. Глубину проникновения колебаний оценивалась по уменьшению амплитуды. Это позволяет предположить, что вибрационное воздействие оказывает влияние на относительно тонкий слой осадка, в соответствии с рисунком 2, в непосредственной близости от поверхности фильтра 1. В этом районе получим интенсивное взаимодействие осадка и фильтра, и соответственно слой осадка с низким содержанием твердой фазы и высоким содержанием воды, или дополнительное ожижение [10], ведущее к интенсификации выделения жидкости на поверхности сетки-фильтра. Величина будет представлять собой сумму амплитуды колебаний поверхности фильтра и глубины проникновения колебаний, при этом чем выше частота колебаний и меньше амплитуда, тем тоньше будет слой δ.

Для численной оценки теоретических результатов было выполнено моделирование потоковых процессов в текучей среде (CFD-анализ) в программе SOLIDWORKS (модуль Flow Simulation). Задачей такого моделирования было подтверждение, на основе существующих конечно-элементных методов, выдвинутой гипотезы о существенном снижении величины глубины проникновения и увеличении интенсивности колебаний в околофильтрационной зоне при росте частоты. Для этого проведен расчет амплитуды колебаний среды по мере удаления от поверхности фильтра для различных частот и амплитуд колебаний стенок трубы, а также выявление зон распространения колебаний от максимальной амплитуды до её нулевого значения. При этом необходима визуализация этого расчета, с целью выявления качественного уровня процессов. Примеры такого расчета приведены на рисунке 3 (а, б), на которых цифрой 1 обозначена окружность трубы и встроенной сетки-фильтра.

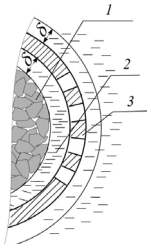


Рисунок 2. Ожижение осадка

Рассматривая рисунок 3а, следует отметить наивысшую интенсивность колебаний в относительно узком слое среды осадка, и существенное ослабление колебаний на относительно небольшом удалении от поверхности фильтра. Расчет был выполнен для частоты колебаний 450 Гц, и амплитуды 2 мм. При этом явная визуализация колебаний высокой интенсивности, свидетельствует о наличии тонкого ожиженного слоя. При этом, на качественном уровне, картина оставалась практически неизменной для различных вязкостей расчетной идеализированной жидкости.

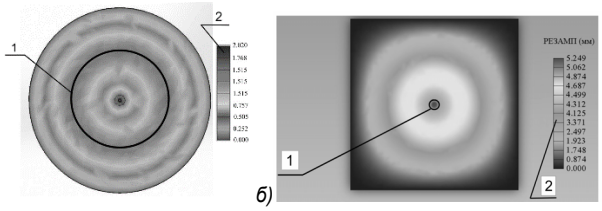


Рисунок 3. а) Расчет 1, частота 450 Гц, амплитуда 2 мм
б) Расчет 2, частота 50 Гц, амплитуда 5 мм

Анализируя, для сравнения рисунок 3б, на котором приведена визуализация расчета для частоты колебаний 50 Гц и амплитуды 5 мм. Отчетливо видно существенное увеличение зоны распространения колебаний, но с низкой интенсивностью. При этом основная зона интенсивных колебаний сосредоточена практически внутри корпуса фильтра. Это свидетельствует об общей вибрации осадка внутри трубы, что на практике эквивалентно процессу взбалтывания, по сути схожим с процессом происходящем в шейкере при приготовлении напитков. Кроме того, по визуальной модели расчета видно, что наибольшая интенсивность колебаний, с амплитудой превышающей даже амплитуду колебаний, происходит ближе к центру рассматриваемой системы. Это свидетельствует об интенсивном перемешивании среды осадка.

Результаты и обсуждение

Таким образом, на качественном уровне определено наличие ожиженного слоя, интенсивность колебаний в котором тем выше, чем выше частота, а толщина его изменяется обратно пропорционально, а именно, по мере увеличения частоты глубина проникновения колебаний уменьшается и соответственно уменьшается толщина ожиженного слоя. Это означает уплотнение структуры части осадка вблизи поверхности трубы и фильтра, т.е. при такой схеме обезвоживания осадок будет более интенсивно уплотняться вблизи фильтрующей поверхности. Все это позволяет говорить о переходе процесса к тиксотропному состоянию, а о самом осадке как о бингамовской среде. Вместе с тем такое поведение среды осадка, может, в свою очередь, потребовать внедрения мер по удалению возникающих загрязнений. Для этого необходимо организовать дополнительные силовые воздействия на частицы осадка, своего рода встряхивание осадка. Для организации таких силовых воздействий предлагается периодически переключать вибровозбудитель в режим низкочастотных вибраций (реализуя режим колебаний соответствующий рис. 3б, или организовать бигармонический колебательный процесс – с высокой и низкочастотной составляющей. Для реализации требуемого вибрационного воздействия необходимы вибромашины, обладающие не только возможностью регулирования, но и получения как высокочастотных, так и низкочастотных колебаний одновременно. Такие вибромашины, их принцип действия и конструкция приведены в [14]. Для оценки эффективности и стабильности процесса виброфильтрования необходимо осуществить моделирование и экспериментальную проверку про-

цесса. При этом были определены диапазон наиболее благоприятных режимов для процесса образования ожиженного слоя (частота колебаний порядка 450 Гц, амплитуда 2 мм) а также диапазон режимов «взбалтывания» (частота колебаний 50 Гц, амплитуда 5 мм). Затем эти режимы были воспроизведены при натурном эксперименте с использованием опытной установки (см. рис. 3).

Такая установка содержит в своем составе трубопровод 1 с сеткой-фильтром 2, вибровозбудитель 3, инерционного планетарного типа, работающий по принципу [14], подающий трубопровод 4, крышку 5, упругий подвес 6, блок питания 7, дренажную емкость 8. На схеме также показаны обезвоженный осадок 9 и отфильтрованная вода 10. На фото показан участок трубопровода с фильтром и вибровозбудителем, дренажная емкость условно не показана. Для проведения процесса использовалась модельная среда на гуминовой основе, которая загружалась в установку порционно, на весь ее объем в 350 мл. После осуществления процесса обезвоживания крышка 5 снималась и осадок выгружался.

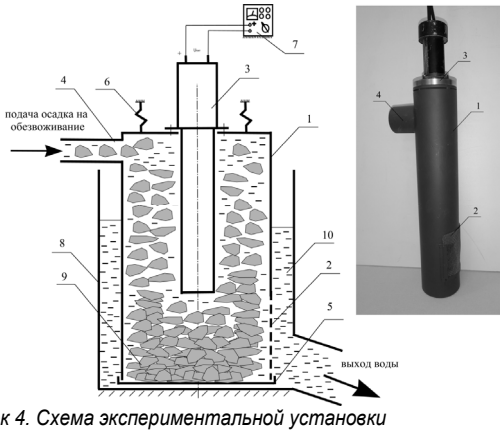


Рисунок 4. Схема экспериментальной установки

Для сравнения технологических возможностей, фильтрование суспензии проводили двумя способами. Первоначально установку настраивали на работу в режиме традиционного фильтрования (под давлением естественного напора столба жидкости), т.е. без вибраций сетки-фильтра. При таком традиционном способе фильтрования фиксировался незначительный (порядка 5–7 мл от общего объема) и, главным образом, неравномерный отток воды. Нестабильность выхода воды обуславливалась засорением сетки по мере работы установки. Попытка увеличения давления выше естественного напора на 0.2 атм увеличивало производительность незначительно, но существенно ускоряло засорение фильтра-сетки.

Затем проводился аналогичный эксперимент, но с использованием вибровозбудителя, работающего в высокочастотном режиме с частотой 450 Гц, с интервалом в 10 секунд, вибровозбудитель переключался в низкочастотный режим 50 Гц. При таком эксперименте процесс фильтрования протекал гораздо интенсивнее, вместе с тем визуально наблюдалось виброкипение воды в дренажной емкости вблизи сетки-фильтра, был замечен более интенсивный процесс влаготделения, а рост производительности фильтрования обеспечивался на уровне 20–25 мл от общей массы за указанное время. В обоих случаях фиксировалось одинаковое время работы установки – 1 мин.

Отметим, что в соответствии с [15, 16] основными характеристиками процесса обезвоживания суспензий являются производительность, эффективность (доля сухого остатка) и также расход энергии на проведение процесса. В целом эффективность такого фильтрования может характеризоваться наличием жидкой фазы отделенной от твердой у стенок трубы и фильтра еще до этапа фильтрования, иначе говоря через фильтр проходит уже отделенная вода. Согласно основному уравнению фильтрования [15], интенсивность фильтрования определяется в том числе и вязкостью фильтруемой жидкости, которая понижается в зоне контактирующей с фильтром. Вместе с тем за счет вибрационного воздействия увеличивается и подвижность среды [13], что создает дополнительный эффект её вибротранспортирования [13]. Такая совокупность эффектов позволяет обеспечить интенсификацию как процесса фильтрования, так и процесса перемещения осадка по трубопроводу. А это доказывает высокую эффективность предлагаемого процесса.

Для достоверного сравнения полученных результатов каждый эксперимент проводился десять раз с измерением контрольного объема выделенной воды. Весь процесс проводился с использованием статистической методики планирования эксперимента.

Заключение

Полученные результаты в теоретической и экспериментальной частях работы позволяют заключить, что предложенный вибрационный способ фильтрования с организацией ожиженного слоя осадка, за счет высокочастотных вибрационных воздействий и эффекта «взбалтывания» за счет одновременных низкочастотных вибраций эффективнее обычного фильтрования и позволит интенсифицировать процесс обезвоживания, совместив его с процессом транспортирования осадка. При этом используются и дополнительные эффекты увеличения подвижности и вибротранспортирования сред, это объясняется тем, что принудительные колебания позволяют ослабить связи воды и твердой фазы осадка, снизив динамическую вязкость смеси, приводя ее к тиксотропному состоянию. Вместе с тем принудительное формирование ожиженного слоя в бингамовской среде осадка, и принудительные вибрационные перемещения сетки-фильтра, заставляют воду активно циркулировать по всей площади фильтра. Такой эффект позволяет существенно увеличить производительность любых сетчатых фильтров и использовать полученные результаты во всех смежных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Литература

1. Collivignarelli M. C., Carnevale Miino Marco, Bellazzi Stefano, Caccamo Francesca, Durante, A., Abbà Alessandro. Review of rheological behaviour of sewage sludge and its importance in the management of wastewater treatment plants // Water Practice & Technology. 2021. Vol. 17 №1. pp. 483-491. DOI:10.2166/wpt.2021.098.

2. Kedibone Mashale, Tumelo Monty Mogashane, Portia Madzivha, Moshalagae A. Motlatle, Lebohang Mokoena and James Tshilongo. Iron Oxide and Hydroxides for the Removal of Heavy Metals from Wastewater. Current Research on Mineralogy - Minerals Characterization and Their Applications. 2025. DOI:10.5772/intechopen.1010016.

3. Naef A. A. Qasem, Ramy H. Mohammed, Dahiru U. Lawal. Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review // npj Clean Water. 2021. Vol. 4 №36. DOI:10.1038/s41545-021-00127-0.

4. Luay Qrenawi, Fahid Rabah. Sludge management in water treatment plants: literature review // International Journal of Environment and Waste Management. 2021. Vol. 27 №1. pp. 93-125. DOI:10.1504/IJEWM.2021.111909.

5. Ima Uzni Baroka. Pharmaceutical waste management: sources, environmental impacts, and sustainable solutions. Pharmacy Reports. 2025. Vol. 5. №1. pp. 95-108. DOI:10.51511/pr.95.

6. Muhammad Waseem, Muhammad Usman Khan, Alnour Bokhary, Birgitte K. Ahring. Emerging trends in sewage sludge pretreatment: Enhancing treatment efficiency and sustainable waste management // Cleaner Water. 2025. Vol. 3(1-3). Pp. 233-239.

7. Денисов С. Е., Гордеев Е. Н. Перспективы использования вибрационных эффектов для интенсификации процесса обезвоживания осадка сточных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. №2(86). С.40-43.

8. Koichiro Matsushima, Yoshihiro Hirata, Naoki Matsunaga, Soichiro Sameshima. Pressure filtration of alumina suspensions under alternating current field // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2010. Vol. 364(1–3). pp. 138-144.

9. Патент на полезную модель № 167216 U1 Российская Федерация, МПК B01D 21/00, B01D 35/05, B01D 35/20. Устройство для обезвоживания осадков сточных вод на иловых полях : № 2015144412/05 : заявл. 15.10.2015 : опубл. 27.12.2016 / Е. Н. Гордеев, С. Е. Денисов ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)" (ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)").

10. Блехман И. И. Вибрационная механика. Москва : Наука : Изд. фирма "Физ.-мат. лит.", 1994. 394 с.

11. Пальмов В. А. Колебания упруго-пластических тел. Москва: Наука, 1976. 328 с.

12. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний : Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". Москва: Высшая школа, 1980. 408 с.

13. Блехман И. И. Что может вибрация? о "вибрационной механике" и вибрационной технике. Изд. 2-е, доп. Москва : URSS, cop. 2016. 211 с.

14. Патент № 2533743 C1 Российская Федерация, МПК B06B 1/00. Способ возбуждения колебаний : № 2013121307/28 : заявл. 07.05.2013 : опубл. 20.11.2014 / Ю. С. Сергеев, С. В. Сергеев, Б. А. Решетников [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Гранулятор".

15. Благоразумова А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. 203 с.

16. Ali Pirouzi, Mehdi Rahimi Asrami, Mohammad Mehdi Sabzehmeidani. Advancement factors in sludge dewatering technology for wastewater treatment from engineering and economic perspectives: A review // Environmental Functional Materials. 2024. Vol. 3. №2. pp. 171-186. DOI:10.1016/j.efmat.2025.10.002.

Intensification of vibrational filtration modes of sewage sludge suspensions during their disposal

Gordeev E.N., Kuzminykh O.V., Dobrinskaya A.A., Yuriev Yu.Yu.

South Ural State University (National Research University) branch in Zlatoust, Volgograd State Technical University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

In domestic practice, wastewater disposal from municipal, industrial, pharmaceutical, food, mining and other facilities remains an acute environmental problem. A major challenge for treatment plants is the dewatering of sludge classified as difficult-to-filter colloidal suspensions with properties that differ significantly from ordinary water. The study considers an approach in which vibration is applied both to the sludge and to the filtration system interacting with it.

The subject of the research is the intensification of vibrational filtration and dewatering during pipeline transportation using a built-in mesh filter.

The article uses theoretical analysis, mathematical description of vibrations in a viscous medium, and computer modeling in SOLIDWORKS Flow Simulation to estimate the depth of vibration penetration and sludge liquefaction zones. Theoretical analysis and computer modeling made it possible to visualize and optimize vibration modes; a field experiment confirmed the effectiveness of the proposed method. The proposed vibration method is more effective than traditional filtration, since it reduces the viscosity of the medium and clogging of the filter, enhances water separation and allows you to combine dewatering with sludge transportation. The article is of interest to designers and researchers involved in the treatment of industrial and domestic wastewater. The results of the study can be used in the development of new and improvement of existing recycling systems in various sectors of the country.

Keywords: vibrational filtration, difficult-to-filter suspension, sewage sludge, modeling.

References

1. Collivignarelli M. C., Carnevale Miino Marco, Bellazzi Stefano, Caccamo Francesca, Durante, A., Abbà Alessandro. Review of rheological behaviour of sewage sludge and its importance in the management of wastewater treatment plants // Water Practice & Technology. 2021. Vol. 17 №1. pp. 483-491. DOI:10.2166/wpt.2021.098.
2. Kedibone Mashale, Tumelo Monty Mogashane, Portia Madzivha, Moshalagae A. Motlatle, Lebohang Mokoena and James Tshilongo. Iron Oxide and Hydroxides for the Removal of Heavy Metals from Wastewater. Current Research on Mineralogy - Minerals Characterization and Their Applications. 2025. DOI:10.5772/intechopen.1010016.
3. Naef A. A. Qasem, Ramy H. Mohammed, Dahiru U. Lawal. Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review // npj Clean Water. 2021. Vol. 4 №36. DOI:10.1038/s41545-021-00127-0.
4. Luay Qrenawi, Fahid Rabah. Sludge management in water treatment plants: literature review // International Journal of Environment and Waste Management. 2021. Vol. 27 №1. pp. 93-125. DOI:10.1504/IJEWM.2021.111909.
5. Ima Uzni Baroka. Pharmaceutical waste management: sources, environmental impacts, and sustainable solutions. Pharmacy Reports. 2025. Vol. 5. №1. pp. 95-108. DOI:10.51511/pr.95.
6. Muhammad Waseem, Muhammad Usman Khan, Alnour Bokhary, Birgitte K. Ahring. Emerging trends in sewage sludge pretreatment: Enhancing treatment efficiency and sustainable waste management. // Cleaner Water. 2025. Vol. 3(1-3). Pp. 233-239.
7. Denisov S. Ye., Gordeev Ye. N. Perspektivi ispolzovaniya vibratsionnikh effektov dlya intensifikatsii protsessa obezvozhivaniya osadka stochnikh vod [Prospects of using vibration effects to intensify the process of sewage sludge dewatering] // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2015. №2(86). S.40-43. (In Russian).
8. Koichiro Matsushima, Yoshihiro Hirata, Naoki Matsunaga, Soichiro Sameshima. Pressure filtration of alumina suspensions under alternating current field // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2010. Vol. 364(1–3). pp. 138-144.
9. Patent na poleznuyu model № 167216 U1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK B01D 21/00, B01D 35/05, B01D 35/20. Ustroistvo dlya obezvozhivaniya osadkov stochnikh vod na ilovikh polyakh [A device for dewatering sewage sludge in silt fields] : № 2015144412/05 : zayavl. 15.10.2015 : opubl. 27.12.2016 / Ye. N. Gordeev, S. Ye. Denisov ; zayavitel federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie visshego obrazovaniya "Yuzhno-Uralskii gosudarstvennii universitet (natsionalnii issledovatelskii universitet)" (FGAOU VO "YuUrGU (NIU)"). (In Russian).
10. Blekhman I. I. Vibratsionnaya mekhanika [Vibrational mechanics]. Moskva : Nauka : Izd. firma "Fiz.-mat. lit.", 1994. 394 s. (In Russian).
11. Palmov V. A. Kolebaniya uprugo-plasticheskikh tel [Vibrations of elastic-plastic bodies]. Moskva: Nauka, 1976. 328 s. (In Russian).
12. Biderman V. L. Teoriya mekhanicheskikh kolebanii [Theory of mechanical vibrations]: Uchebnik dlya vuzov po spets. "Dinamika i prochnost mashin". Moskva: Visshaya shkola, 1980. 408 s. (In Russian).
13. Blekhman I. I. Chto mozhet vibratsiya? o "vibratsionnoi mekhanike" i vibratsionnoi tekhnike [What can vibration do? about "vibration mechanics" and vibration technology]. Izd. 2-e, dop. Moskva : URSS, cop. 2016. 211 s. (In Russian).
14. Patent № 2533743 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK B06B 1/00. Sposob vozbuzhdeniya kolebanii [The method of excitation of vibrations]: № 2013121307/28 : zayavl. 07.05.2013 : opubl. 20.11.2014 / Yu. S. Sergeev, S. V. Sergeev, B. A. Reshetnikov [i dr.] ; zayavitel Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennostyu "Granulyator". (In Russian).
15. Blagorazumova A. M. Obrabotka i obezvozhivanie osadkov gorodskikh stochnikh vod [Treatment and dewatering of urban sewage sludge]: Uchebnoe posobie. Izd. 2-e, ispr. i dop. - Sankt-Peterburg [i dr.] : Lan, 2014. 203 s. (In Russian).
16. Ali Pirouzi, Mehdi Rahimi Asrami, Mohammad Mehdi Sabzehmeidani. Advancement factors in sludge dewatering technology for wastewater treatment from engineering and economic perspectives: A review // Environmental Functional Materials. 2024. Vol. 3. №2. pp. 171-186. DOI:10.1016/j.efmat.2025.10.002.

Методология развития мультисенсорных приборов и теорий о мультисенсорности в современных условиях

Епифанцев Кирилл Валерьевич
кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Мультисенсорные приборы – важная часть приборостроения, которая позволяет значительно расширить масштаб и диапазон измерения. Кроме того, большинство мультисенсорных измерений производится бесконтактным методом, что позволяет значительно уменьшить воздействие контактных элементов прибора (щупы, зажимы, штекеры и пробники) на измеряемый объект. Мультисенсорные измерения играют большую роль в области разработки новых измерительных систем. Прежде всего основные измерительные первичные элементы – фотодиоды, ПЗС линейки, светоприёмные устройства, интерферометры позволяют создать новый пласт бесконтактных измерительных приборов, однако на бесконтактные измерения значительно влияют внешние раздражители – запыленность, освещенность, влажность, недостаточная фокусировка и вибрация, которая нивелирует возможности фокусировки. Мультисенсорные приборы -сравнительно молодые по мерке шкалы времени измерительные приборы, которые обеспечивают своей системой измерения универсальность использования за счет комплектации в одном корпусе нескольких преобразователей. Однако метрологическая природа этих приборов до конца не изучена. В частности, вызывает вопрос последовательность определения класса точности средств измерения подобного типа, так как данные приборы не традиционно имеют одну шкалу, а имеют несколько шкал, несколько датчиков. Это разные по своему роду элементы, соседствующие в одном корпусе и имеющие синхронный по большей части эффект от погрешности. Однако, в части ряда методик поверки все таки и поверка проводится не в синхронном виде, а разделяя прибор на равноценные элементы. Таким образом описание процесса поверки калибровки прибора - тема для многих дискуссий. Постепенно мультисенсорные приборы становятся важно составляющие современного высокотехнологичного мира, где преобладает робототехника, искусственный интеллект, беспилотный транспорт. В этом многообразии сквозных технологий НПТЛ приборы стали связующим звеном, который объединил в себе все технологии, применив при этом единый принцип мультисенсорности и мультимодальности. Также в завершении статьи рассмотрены некоторые теории ученых касательно мультисенсорности

Ключевые слова: развитие приборостроения, мультисенсорные приборы, аудиовизуальный, станадарттзация приборов.

Помимо мультисенсорных приборов появляется достаточно большое количество мультисенсорных чипов, основанных на симбиозе нескольких слоев полупроводников, заключенных в одно пространство. Так в ряде исследований описывается «электронный нос», который работает на основе мультисенсорного чипа [1-3]. Как отмечает автор статьи про мультисенсорные чипы Сысоев В.В, из Саратовского госуд. Технического университета, создание данных чипов сопряжено с рядом сложностей метрологического и технического обеспечения производства.

«Как уже отмечено выше, технология изготовления мультисенсорных систем, состоящих из сенсоров одного типа, в значительной степени дешевле, чем технологии изготовления систем, состоящих из сенсоров разного типа, и дрейфовые характеристики таких приборов стабильнее. Однако из-за недостаточной воспроизводимости технологии изготовления активных слоев, даже такие мультисенсорные чипы зачастую имеют уникальный отклик к воздействию газовых смесей. Это требует индивидуальной калибровки чипов и не позволяет их взаимозаменяемость. Пожалуй, именно эти обстоятельства ограничивают применение таких систем и до сих пор сдерживают появление указанных приборов в массовом количестве».

Текущая обстановка в области стандартизации объектов приборостроения подразумевает достаточно большую интеграцию систем беспроводной связи и искусственного интеллекта в систему измерений. Это доказывает достаточно большой интерес к формированию собственного протокола интернета вещей для обособленной волновой принадлежности и создания выделенных автономных диапазонов управления технологическими машинами, препятствующими допустить возможность внешнего воздействия с внешней стороны.

Ряд стандартов таким образом, соединяют аналоговые или механические приборы с системами передачи данных. Однако, при этом, часть методик должно также и учитывать погрешности безбумажных технологий. Прежде всего это скорость обновления данных. Так как интернет не стабилен, ему могут препятствовать ряд факторов, таких как – бетонные перегородки , если речь идет про WI-FI системы, или системы передающие информацию от измерительных систем по принципу U-wave технологии. Современные производители осознают, что современные технологии не всегда выигрывают гонку с аналоговыми или механическими приборами, которые также имеют ряд преимуществ

- Независимость от сетей интернет и wifi,
- Автономность от внешних помех и предпястий
- Независимость от системных обновлений программных продуктов
- Простота эксплуатации
- Невозможность дистанционной блокировки при изменений местоположения средства измерений (к примеру при изменении местоположения КИМ она может быть заблокирована, т.к. все перемещения должны быть согласованы с производителем)
- И конечно также важное преимущество-стоимость оборудования, которая многократно меньше чем измерительного средства со всеми апгрейдами

Таким образом текущий прогресс приборостроения можно отобразить в виде формулы:

$$\frac{b \pm \sqrt{ac}}{2a} \in Lim\ X\ (1)$$

Где

a, b, c - это элементы измерений,

X - суммарные погрешности, которые влияют на измерения.

$\sqrt{a \cdot c}$ – соединение моносенсорных и мультисенсорных приборов

К суммарным погрешностям цифровых средств измерений относят такие явления, как

- Алиэсинг, наложение волн соседних, работающих в сходном диапазоне средств
- Зависимость от влияние качества электроэнергии,
- Расстояние передачи информации
- Влияние электронной подписи и вирусных атак
- Непосредственная ошибка оператора при занесении данных через информационную систему
- Несохраненные и потеря данных

- Ошибки машинного зрения (фантомные тени и несовершенные фигур из-за плохой освещенности, загрязнённости и запыленности)

Однако, прогресс не может быть без ряда нововведений, особенно в ряде интеллектуальных устройств, которые могут превратить аналоговый прибор в прогрессивный.

В настоящее время достаточно много примеров, когда сочетается особенность прибора по мультисесносрности и бесконтактной передачей информацией (Рисунок 1).

Рисунок 1 -Стандартный тип мультиметр-тепловизор Fluke 279 FC

Также важным веянием нового времени является возможность трансформируемости приборов и разделения на отдельные части с целью оптимизации работ (Рисунок 2)

Рисунок 2 - Fluke 233 разделяющегося типа

Мультисенсорика видео измерительных машин в настоящее время также имеет ряд положительных аспектов. Это позволяет сделать один прибор универсальным за счет множества сенсоров (Рисунок 3)

Рисунок 3 Машины (ВИМ) компании «Уран», включающие не только пару лазер – контактный щуп, но и контактный щуп – хроматический источник света, контактный щуп – лазерный коллиматор

В схеме отображены некоторые основополагающие требования функции системы F{x}, которые будут позволять соответствовать нескольким поправочным коэффициентам с одной стороны. Рассмотрим математическую модель мультисенсорных приборов (2):

$$F(X)= ABC\ldots n/A_1B_1C_1\ldots n_1 \Leftrightarrow \begin{cases} F(X)\ ABC\ldots n/A_1B_1C_1\ldots n_1 \\ F(Y)\ FGR\ldots z/F_1G_1R_1\ldots z_1 \\ F(dimlim)\ FGR\ldots z/F_1G_1R_1\ldots z_1 \end{cases} \quad (2)$$

где F(X)=ABC, при этом ABC – системы, преобразующие измерение на основе новых физических принципов,

$F(X)\ ABC\ldots n/A_1B_1C_1\ldots n_1$, где те же самые коэффициенты с индексами A_1 являются мультипликативными поправками, которые задают на этапе калибровки свои корректирующие значения.

При мультисенсорном измерении учитываем предел измерения $F(dimlim)\ FGR\ldots z/F_1G_1R_1\ldots z_1$, который ограничивает применение ряда материалов, габаритов при применении указанных в исследовании датчиков. Таким образом, принимаем (3):

$(dimlim/apr\ inf)\ FGR\ldots z/F_1G_1R_1\ldots z_1$ (3)

При учете материала, который исследуется в рамках измерении дефекта формы, необходимо зачастую увеличение чувствительности измерительного преобразователя. В этом случае мы наблюдаем возведение в степень базовых параметров, как аналог увеличения частоты в случае подстройки, выход на максимальную чувствительность, и приводим (39) к значению (4):

$$F(X)\ ABC\ldots n/A_1B_1C_1\ldots n_1 \Leftrightarrow F(X)\ ABC.$$
$$F(Y)\ FGR.$$
$$F(dimlim)\ FC$$

При этом необходимо учитывать, что предел измерения будет задаваться с определенной периодичностью, как в случае с ЕСДП (единой системой допусков и посадок) на квалитете, определяющем точность сборки конструкции (42):

$$F(X)\ ABC\ldots n/A_1B_1C_1\ldots n_1 \Leftrightarrow \begin{cases} F(X)\ ABC\ldots n/A^f_1B^f_1C^f_1\ldots n_1 \\ F(Y)\ FGR\ldots z/F^f_1G^f_1R^f_1\ldots z_1 \\ F(dimlim)\ FGR\ldots z/F^f_1G^f_1R^f_1\ldots z_1 \end{cases} \text{ЕСДП} \quad (5)$$

Так, уравнения мультисенсорной системы в рамках повышения чувствительности имеют степень f, которая обозначает многократное увеличения чувствительности построечного резистора, к примеру, который дает увеличение частоты работы лазера, или управляет разверткой осциллографа, расширяет возможность измерения диапазонов в вольтметрах. При этом, важным дополнением формулы мультисенсорных измерительных систем является также вопрос определения классов точности. Так, по аналогии с приборами, имеющими несколько измеряемых физических величин в одном корпусе, класс точности является дробной величиной, который для расчета приведенной погрешности используют формулу (7). Однако, по результатам множества исследований было принято выражение, учитывающее влияния фрактальной размерности и материала в мультисенсорных измерительных приборах (6), рисунок 4:

$\Delta=(0.02/0.01)\cdot\lambda$ (6)

Так, к примеру, при соединении амперевольтметра Ц20 в мультисенсорный вольтметр-тепловизор Fluke 279 FC (рисунок 22) будет иметь следующий класс точности (44):

$x = \pm C + D\left(\frac{Xk}{Xd}-1\right)\cdot\lambda$, то есть $x = \left(\pm 0{,}02 + 0{,}01\left(\frac{50}{-25}-1\right)\right)\cdot\lambda$ (7)

где λ – поправка при степени дополнительных помехозащищенных элементов и материалов при соответствующем индексе фрактальности.

Таким образом, модель мультисенсорной системы можно отобразить в виде формулы (8):

$\lambda=\frac{b\pm\sqrt{ac}}{n\cdot\Theta} \in Lim\ X$ (8)

где *a, c* – это элементы измерений,

b – системы машинного зрения и искусственного интеллекта, встроенные в дополнение к основным датчикам измерительного прибора,

n – помехоустойчивость и фильтрация алиасинга,

Θ – модуляция сигналов датчиков,

X – суммарные погрешности, которые влияют на измерения,

$\sqrt{a\cdot c}$ – корпусная единой коммуникации моносенсорных и мультисенсорных приборов.

На рисунке 4 представлена характерная компоновка измерительных каналов и панели стрелочных аналоговых и цифровых мультисенсорных приборов

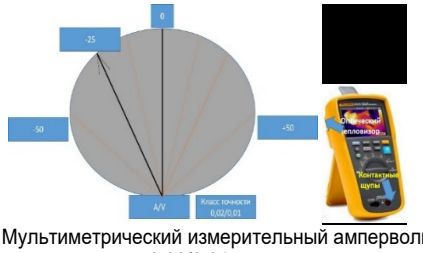


Рисунок 4 – Мультиметрический измерительный амперевольтметр (сверху) с классом точности 0,02/0,01 и вольтметр-тепловизор FLUKE

Таким образом, новые тенденции в рамках современных приборов можно представить в виде схемы, в которой отражены передовые векторы современного времени (Рисунок 3)

Рисунок 5 –Новые тенденции развития приборов

Таким образом возможно выявить ключевые аспекты развития современной тенденцией развития приборов. Таким образом, важность поиска компромиссного решения между оптическим и контактным методом, аналоговым и цифровым для измерения актуальна. Использование одновременно и оптического, и контактного метода обладает большей точностью и скоростью измерения, но, между тем, нуждается в больших финансовых инвестициях в момент производства прототипа прибора.

Новые технические и технологические возможности современной метрологии базируются на современных, цифровых методах и средствах сбора и компьютерной обработки пространственных данных, выделяя новые области метрологии – координатную метрологию и цифровую метрологию и метрологию искусственного интеллекта.

Автоматизация в измерении дефектов формы достигается несколькими факторами – прежде всего, это уменьшение затрат на калибровку и применение в результате этого некоторых механизмов, облегчающих процесс ее проведения. В настоящее время это возможно благодаря рядом программ, которые используются для обеспечения процесса автоматизации, уменьшения расходов времени на калибровку. В частности, особое внимание на выставке «Testing and controls» привлекли машины фирмы ВИКОНТ (Рис. 6), мультисенсорного типа, которые имели в своем арсенале как контактные, так и бесконтактный датчик для измерения коленчатых валов.

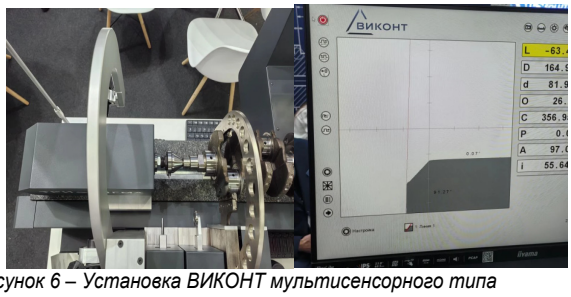


Рисунок 6 – Установка ВИКОНТ мультисенсорного типа

Мультимодальность в течение долгого времени является ключевым принципом развития современных средств приборостроения. Этот момент представлен как в экономическом, так и в техническом плане достаточно хорошими разработками современных компаний. Без мультимодальности невозможно оценить качество работы двух наиболее уязвимых элементов нашей жизни - качества интернета и качества электроснабжения. В качестве примера можно привести линейку приборов на основе симбиоза осциллографа, анализатора спектра и частотомера

Мультимодальные приборы также незаменимы при поиске оптимальных решений при проведении медицинских обследований, как одни из важнейших элементов, способов уловить первые признаки зарождающегося заболевания.

Основные принципы работы мультимодальных или мультисенсорных приборов сводятся к одновременному приёму нескольких входных потоков от разных датчиков, способных увеличить ширину отработанной информации и решить проблему наличия дорогостоящего оборудования за счет размещения нескольких приборов в одном корпусе. Однако , как ранее писалось в ряде статей , класс точности и методика поверки подобных приборов, имеющих несколько щупов в одном месте, остается под вопросом, так как по сути - это единый организм, который однако многие методики поверки призывают поочередно проверять, по отдельности, по сути разделяя этот комплексный организм на отдельно составляющие части. При этом не учитываются особенности того, что данный прибор все-таки монолитная конструкция, принимающая одинаковое количество шумов и помех в пересчете на несколько сенсоров. Для этого метода модно привести пример, касающийся сиамских сросшихся близнецов- они, к сожалению, не могут по отдельности сдавать те или иные биологические анализы, так как обмен веществами все равно в их сложном организме будет единым.

Пример многообразия приборов в области оптических измерений приведен на рисунке 7.

Рисунок 7 – Многообразие оптических измерительных приборов и место мультисенсорных измерительных приборов

В случае с мультисенсорными приборами не принято проводить опробование работы всех включённых приборов одновременно, а при этом строится программа поверки на основе испытания каждого сенсора в отдельности. Таким образом

(XYZ) ·r = Xr/r …Yr/r… Zr/r (9)

где XYZ – сенсоры,

r- программа испытаний

Данное равенство не равноценно, поскольку с точки зрения метрологии не правомерно. Однако текущим уравнением описывается данная ситуация, которая позволяет говорить о несовершенстве подхода к поверке мультсенсорных приборов

Текущая ситуация может решиться созданием ряда мультисенсорных эталонных установок, которые способны одновременно нагружать несколько датчиков приборов с целью регистрации погрешностей. В настоящее время процесс поверки мультисенсорных приборов можно описать следующей зависимостью (10) :

M=X+L… Y+ L … Z+ L … n+ L (10)

где XYZ – сенсоры,

L – нагрузка

Таким образом, когда учитывается что каждый сенсор имеет собственную форму нагрузки, собственную погрешность, однако при этом, если перевести в зависимость общности всех нескольких элементов, то нужно создавать модель с общим знаменателем. Из него нужно уже вычислить корень числа p, итак

$$M=\frac{(X+L)\,(Y+L)\,(Z+L)\,\ldots(n+L)}{\sqrt[r]{i}} \quad (11)$$

где XYZ – сенсоры,

L – нагрузка

i-модель конструкции мультисенсорного прибора

r- программа испытаний

В процессе проведения ряда исследований в области мультисенсорности нескольких датчиков было выявлено что есть определённые условия отстройки процессов взаимного влияния погрешности. Это возможно за счет разработки существующего шумоподавляющего корпуса прибора, а также модуляции непосредственно каждого из сигналов, однако это не избавляет от необходимости учитывать влияние каждого из помех на соседние компоненты. В связи с этим, зависимость будет строится следующим образом

M=(X+L)· (YZn))+ ((Y+L) XZn)+ (Z+L) XYn) ..+ (n+L) XYZ) . (12)

где XYZ – сенсоры,

L – нагрузка

Именно такой подход гарантирует учет совместного влияния погрешностей и говорит о солидарной ответственности за результат конечной погрешности, которая может достаточно точно помочь вычислить погрешность мултисенсорных приборов, а значит, говорить об улучшении методики поверки мультисенсорных измерительных приборов. Текущие векторы развития приборов подобного типа представлены на рисунке 8.

Рисунок 8 – Вектора развития мультимодальных приборов

Развитие техники, безусловно, идёт по нескольким закономерным сценариям- увеличению точности, миниатюризации, уменьшению стоимости, возможности подключения к интернету вещей, использования приложений искусственного интеллекта. Мультисенсорность, гибридность, универсализация применения - достаточно важная ступень развития, но не последняя. Многие производственные приборостроительные компании достигли расцвета именно по количеству применимых сквозных технологий, deep tech, которые во многом решали проблемы, которых еще не существовало, или измеряли то, чего еще нельзя было монетизировать, потрогать, перепродавать. Но по технологическому развитию это были комплексные устройства, облегчающие задачу мониторинга, измерения. Это были устройства, помогающие делать работу легко и быстро (Рисунок 9). Так, часы с телевизором SEIKO опередили

время, но неразвитость телевещания во многом делало их не всегда применимыми. Это был мультисенсорный прибор, однако очень дорогой для своего времени

Рисунок 9 - Часы с телевизором SEIKO в 1982 году

Многие производители безусловно увеличивают скорость контроля, скорость калибровки, это безусловно является важным преимуществом прибора. Многие приборы склонны к самокалибровке, что существенно ускоряет и упрощает процесс работы прибора. В связи с этим, мы можем сказать, что есть определённые тенденции развития конкурентных преимуществ приборов. Во многом это развитие связано с общим развитием основного модуля, к которому привязан прибор, а иногда и наоборот. Развитие техники, безусловно, проходит ряд параллелей с развитием и производством средств производства, которые начали включать в себя уникальность применения одного средства измерения для разных задач, и это было обусловлено прежде всего, облегченным весом, возможностью решения одновременно нескольких задач касательно измерения и контроля

В статье [4] мы рассмотрим понятие «мультисенсорность», продемонстрируем, в каких научных контекстах встречается этот термин и чем эта теоретическая рамка может быть полезна для анализа современной культуры. Мультисенсорность как проблематика привлекла к себе внимание исследователей ещё в начале XX века. Тема заинтересовала социологов Георга Зиммеля, Роберта Парка и Эрнеста Берджесса, историков Норберта Элиаса и Люсьена Февра, философа Мориса Мерло-Понти, антрополога Клода Леви-Стросса и теоретика СМИ Маршалла Маклюэна. В 1912 году Зиммель в «Очерке социологии чувств» (фр. “Essai sur la sociologie des sens”) проанализировал изменяющиеся роли обоняния, звука и зрения. Позже эту тему развивали в своих текстах Парк и Берджесс (см. Park, Burgess, 2020). В 1939 году Элиас в работе «О процессе цивилизации: социогенетические и психогенетические исследования» (см. Элиас, 2001) описал принцип «интериоризации эмоций». Его исследование было дополнено позднее, в 1942 году, когда Люсьен Февр предложил изучить, как менялись «сенсорные основы мышления» с течением времени. Уже в 1945 году это было осмысленно с философской позиции: в «Феноменологии восприятия» Мерло-Понти отстаивал тезис, что чувства вовлечены в акт восприятия в силу своего «изначального единства.

Статья [5], в которой отмечается, что мультисенсорность находит место в Синераме, которая, наряду с 3D-фильмами, была логическим шагом в эволюции искусства. Действительно потрясающий факт состоит в том, что эти новые устройства четко и ярко продемонстрировали всем то, что полусознательно пытались сделать живопись, фотография и кино вместе — изобразить визуальный мир во всей его красе, так, как он воспринимается человеческим глазом.

Созданный там аппарат Сенсорамы представлял собой громоздкое устройство, внешне напоминающее игровые автоматы 80-х, и позволял зрителю испытать опыт погружения в виртуальную реальность, например, прокатиться на мотоцикле по улицам Бруклина.

В статье [6] «Прошлое, настоящее и будущее мультисенсорных носимых устройств для мониторинга сна и циркадных ритмов» описывается мультисенсорное устройства, которые в нужны не только в технике, но и среди медицинских приборов, которые позволяют активно обследовать пациента за один сеанс, параллельно выявлять несколько заболеваний.

Таким образом мультисенсорные приборы используются в качестве аксиграфов. Устройства для определения фаз сна и бодрствования на основе двигательной активности (то есть аксиграфы) были впервые разработаны в начале 1970-х годов. Их эффективность неоднократно подтверждалась в ходе полисомнографии, которая считается «золотым стандартом» измерения сна. Действительно, аксиграфы стали важным инструментом для объективного анализа сна в естественных условиях. В таких устройствах обычно используются акселерометры, которые с высокой частотой фиксируют движение по нескольким осям. В более современных коммерческих устройствах также есть акселерометры, но есть и дополнительные каналы, что позволяет отнести их к мультисенсорным устройствам. Таким образом, мультисенсорные приборы нашли большое применение не только в технических , но и в медицинских измерениях, что доказывает большую значимость их развития и совершенствования.

Литература

1. Лаврухин А.С., Мякатин И.Д."Электронный нос", как мультисенсорный прибор детектирования и интерпретации запахов В сборнике: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS. сборник статей победителей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 89-91.

2. Мусатов В.Ю., Варежников А.С., Сысоев В.В. Программа для распознавания мультисенсорных сигналов прибора «электронный нос» на основе гибридных нейронных сетей с применением многослойных персептронов Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2010610404. Заявка № 2009616117 от 02.11.2009.

3. Варежников А.С., Мусатов В.Ю., Сысоев В.В Газоаналитическое устройство на основе нановолоконных мультисенсорных чипов и нейросетевых алгоритмов. Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 75-79.

4.Высшая школа экономики. Электорнный ресурс. URL https://www.hse.ru/ma/cstudies/articles/multisensory/ Дата обращения 09.03.2026

5.Сенсорама как изобретение будущего. Электронный ресурс URL https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0?ysclid=mnoyea338j99904965 Дата обращения 09.08.2025

6.Matthew R. Lujan, Ignacio Perez-Pozuelo, Michael A. Grandner Past, Present, and Future of Multisensory Wearable Technology to Monitor Sleep and Circadian Rhythms. Электронный ресурс URL Frontiers | Past, Present, and Future of Multisensory Wearable Technology to Monitor Sleep and Circadian Rhythms REVIEW article Front. Digit. Health, 16 August 2021.

Methodology of development of multisensory devices in the context of import substitution

Epifantsev K.V.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Multi-sensor devices are an important part of instrument engineering, which allows you to significantly expand the scale and range of measurement. In addition, most multi-sensor measurements are performed by the non-contact method, which significantly reduces the impact of the contact elements of the device (probes, clamps, plugs and probes) on the measured object. Multisensory measurements play an important role in the development of new measurement systems. First of all, the main measuring primary elements – photodiodes, CCD rulers, light receiving devices, interferometers – make it possible to create a new layer of non-contact measuring devices, however, non-contact measurements are significantly affected by external stimuli - dustiness, illumination, humidity, insufficient focusing and vibration, which negates focusing capabilities. Multisensory devices are relatively young measuring devices by the standards of the time scale, which provide their measurement system with versatility of use due to the bundling of several transducers in one housing. However, the metrological nature of these devices is not fully understood. In particular, the question arises as to the sequence of determining the accuracy class of measuring instruments of this type, since these devices do not traditionally have one scale, but have several scales and several sensors. These are different elements in their kind, adjacent in the same building and having a synchronous effect on the error for the most part. However, in terms of a number of verification techniques, verification is still carried out not synchronously, but by dividing the device into equivalent elements. Thus, the description of the verification and calibration process of the device is a topic for many discussions. Gradually, multisensory devices are becoming important components of the modern high-tech world, where robotics, artificial intelligence, and unmanned vehicles prevail. In this variety of end-to-end NPTL technologies, the devices have become a link that combines all technologies, while applying a single principle of multisensory and multimodal. Also, at the end of the article, some theories of scientists regarding multisensory perception are considered.

Keywords: development of instrument engineering, multisensory devices, audiovisual, standardization of devices.

References

1. Lavrukhin A.S., Myakatin I.D. "Electronic Nose" as a Multisensory Device for Detecting and Interpreting Odors. In: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS. A collection of articles by the winners of the VIII International Scientific and Practical Conference: in 2 parts. 2017. pp. 89-91.
2. Musatov V.Yu., Varezhnikov A.S., Sysoev V.V. A Program for Recognizing Multisensory Signals from an "Electronic Nose" Device Based on Hybrid Neural Networks Using Multilayer Perceptrons. Computer Program Registration Certificate RUS 2010610404. Application No. 2009616117 dated 02.11.2009.
3. Varezhnikov A.S., Musatov V.Yu., Sysoev V.V. Gas analysis device based on nanofiber multisensor chips and neural network algorithms. Bulletin of the Saratov State Technical University. 2011. Vol. 4. No. 4 (62). Pp. 75-79.
4. Higher School of Economics. Electronic resource. URL https://www.hse.ru/ma/cstudies/articles/multisensory/ Date of access 09.03.2026
5. Sensorama as an invention of the future. Electronic resource URL https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0?ysclid=mnoyea338j99904965 Date of access 09.08.2025
6. Matthew R. Lujan, Ignacio Perez-Pozuelo, Michael A. Grandner Past, Present, and Future of Multisensory Wearable Technology to Monitor Sleep and Circadian Rhythms. Electronic resource URL Frontiers | Past, Present, and Future of Multisensory Wearable Technology to Monitor Sleep and Circadian Rhythms REVIEW article Front. Digit. Health, 16 August 2021.

Исследование перспектив организации мест накопления ТКО в жилой застройке на основе сравнительного анализа г. Волгограда и г. Ташкента

Карпушко Елена Николаевна
к.э.н., доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), eun.cafedra@yandex.ru,

Щекочихина Евгения Викторовна
д.г-м.н., профессор кафедры гидротехнические и земляные сооружения, заведующий кафедрой, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), evg-schek@yandex.ru,

Павлова Ирина Александровна
студент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственных технический университет (ВолгГТУ), pavlova2004aa@gmail.com,

Нематжонов Авазжон Нодиржон угли
студент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ),

Ульянов Никита Сергеевич
студент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), uljanov.nikkita@yandex.ru

В статье рассматривается проблема эффективности системы обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) на этапе накопления в жилой застройке. На основе сравнительного анализа инфраструктуры городов Волгограда и Ташкента выявлены ключевые диспропорции между нормативными требованиями и фактическим состоянием контейнерных площадок. Установлено, что низкий уровень переработки и рост несанкционированных размещений отходов обусловлены отсутствием механизма адаптации нормативных параметров к реальным нагрузкам. Предложена организационно-расчетная модель совершенствования мест накопления. Результаты исследования могут быть использованы для повышения экологической и санитарной устойчивости городских территорий.
Ключевые слова: твердые коммунальные отходы (ТКО), нормативно-правовая база, жилая застройка, технические требования, контейнерная инфраструктура, обслуживание площадок.

Введение

Глобальный рост урбанизации и увеличение объемов потребления ведут к усложнению проблемы обращения с отходами. Несмотря на внедрение современных технологий переработки, ключевым «узким местом» остается этап накопления отходов в местах образования, особенно в секторах жилой застройки [3,4].

Статистические данные свидетельствуют о низком уровне вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот. Доля перерабатываемых бытовых отходов в России составляет лишь 3-5%, что значительно ниже показателей развитых стран (ЕС - 32-36%, США - 23-25%). Основная масса отходов направляется на полигоны и свалки.

Особую актуальность данная проблема приобретает в контексте сравнения регионов с различными темпами экономического развития. Город Таш-кент демонстрирует активные попытки модернизации системы сбора отходов, внедряя системы GPS-мониторинга транспорта. Однако сохраняются проблемы задолженностей населения и недостаточной плотности контейнерного парка [1,2].

В Волгоградской области наиболее проблемным элементом остаются места накопления ТКО в жилой застройке. На территории области функционирует 719 объектов размещения отходов, из которых 693 представляют собой свалки. За последние четыре года количество несанкционированных свалок увеличилось более чем в два раза, а занимаемая ими площадь выросла в шесть раз.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа систем организации мест накопления отходов в городах Волгограде и Ташкенте с целью выявления системных ограничений и разработки предложений по улучшению ситуации.

Методика и методы

Для решения поставленных задач применен комплекс методов: статистическая обработка данных за период 2021-2024 гг., сравнительный анализ подходов к организации мест накопления отходов, анализ нормативно-правовых документов (ФЗ № 89, СанПиН 2.1.3684-21, СП 320.1325800.2017), систематизация данных о количестве площадок, тарифах и состоянии полигонов.

Важным инструментом исследования стал анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих сферу обращения с отходами. Были изучены федеральные законы, санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.3684-21), своды правил (СП 320.1325800.2017 с изменениями 2023 г.), а также местные нормативные акты. Это позволило сформировать базу требований, которым должны соответствовать контейнерные площадки.

Также использовался метод систематизации разрозненных данных. Информация о количестве площадок, тарифах, проблемах вывоза и состоянии полигонов была сведена в единые сравнительные таблицы, что позволило визуализировать диспропорции между нормативными значениями и фактическим положением дел. Комплексное применение данных методов обеспечило достоверность выводов и обоснованность предлагаемой модели.

Статистический анализ состояния переработки отходов в странах СНГ

Для понимания масштаба проблемы рассмотрим статистические данные по переработке твердых бытовых отходов в странах ближнего зарубежья (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1
Доли переработки ТКО в странах ближнего зарубежья

Страна	Уровень переработки	Инфраструктура
Казахстан	22,5%	Современные сортировочные комплексы
Армения	22,5%	Частные инвестиции в переработку
Грузия	10%	Стартапы по переработке пластика и картона
Узбекистан	5%	95% отходов направляются на полигоны

Несмотря на принимаемые меры, инфраструктурные вызовы остаются значительными. 95% отходов по-прежнему направляются на полигоны, а уровень переработки составляет менее 5%.

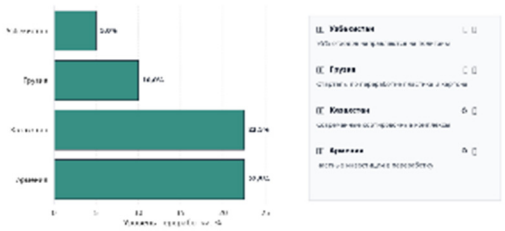


Рисунок 1. Доли переработки твердых коммунальных отходов в странах ближнего зарубежья

Анализ опыта Республики Узбекистан показывает системные изменения, произошедшие с 2021 года (таблица 2).

Таблица 2
Системные изменения в сфере обращения с отходами в Узбекистане

Год	Мероприятие	Результат
2021	Создание Государственного комитета	Определена структура и ответственность за экологию
2021	Принят указ о трансформации сектора	Начата реформа сферы экологии
2019	Стратегия по ТКО (ПП-4291)	Утверждена государственная политика в области обращения с ТКО
2023	Указ Узбекистан-2030	Создание полигонов, сортировочных линий и развитие частно-государственного партнерства

Основная часть

Анализ ситуации в г. Волгограде выявляет ряд системных проблем. На территории области насчитывается около 18 тысяч контейнерных площадок, однако их состояние неоднородно. Значительная часть не соответствует современным санитарным требованиям: отсутствует твердое покрытие, ограждения, подъездные пути.

Из 719 объектов размещения отходов 693 классифицируются как свалки. Отсутствие массовой сортировки на месте образования приводит к тому, что потенциальное вторичное сырье смешивается с не перерабатываемыми фракциями и направляется на захоронение.

В г. Ташкенте внедряются современные технологии контроля, включая GPS-мониторинг мусоровозов. Однако операционная эффективность сдерживается финансовыми факторами, в частности, наличием задолженностей населения за услуги вывоза мусора.

Для наглядности ключевые различия и сходства систем представлены в рисунке 3.

Рисунок 3. «Сравнительный анализ систем накопления ТКО в г. Волгограде и г. Ташкенте»

Несмотря на наличие нормативно-правовой базы, регламентирующей отдельные аспекты организации мест накопления твердых бытовых отходов, существующие показатели носят больше рекомендательный характер или сложно применимы в условиях сложившейся застройки. В целях выявления ограничений действующей системы проведен анализ нормативно-технических требований. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3
«Анализ нормативно-технических требований к местам накопления ТКО»

Показатель	Ед. изм.	Значение предельное	Примечание
Расстояние до жилых зданий	м	Не менее 8, не более 100	Для многоквартирных домов
Расстояние до дет. площадок	м	Не менее 8	Санитарный разрыв
Количество контейнеров	шт.	Не более 8 (смешанно)	Или 12 (при раздельном сборе)
Тип покрытия площадки	-	Твердое (асфальт, бетон)	С уклоном для стока вод
Ограждение	м	Высота не менее 1 м (с 3 сторон)	Для предотвращения разноса
Доступ техники	-	Свободный подъезд	Для мусоровозов
Частота вывоза	раз/сут	Ежедневно (лето)	При температуре выше +5°С
Учет численности	чел.	Индивидуально	Зависит от норматива накопления

Видно, что нормативы достаточно жесткие, однако на практике их соблюдение затруднено из-за плотности застройки и износа инфраструктуры. В этой связи возникает необходимость разработки модели, обеспечивающей согласование нормативно-технических требований с фактическими условиями эксплуатации жилой застройки [4].

На основе проведенного анализа предложена организационно-расчетная модель мест накопления ТКО в жилой застройке. Модель включает последовательную реализацию пяти этапов:

Этап 1. Формирование систематизированной нормативно-технической основы. Собирается и структурируется база предельных установленных значений, включая требования СанПиН, СП и местных правил благоустройства.

Этап 2. Оценка соответствия нагрузкам. Проводится анализ фактических условий функционирования системы накопления отходов. Выявляется степень соответствия существующей инфраструктуры фактическим нагрузкам.

Этап 3. Выявление несоответствий. На основе сопоставления определяются отклонения: недостаточная емкость площадок, превышение допустимой нагрузки, нерациональное размещение, несоблюдение санитарных разрывов.

Этап 4. Рационализация параметров. Включает корректировку количества и вместимости контейнеров, перераспределение зон обслуживания, оптимизацию размещения площадок, внедрение элементов раздельного накопления.

Этап 5. Оценка эксплуатационной применимости. Оценивается возможность реализации рационализированных решений с учетом бюджета, доступности техники и готовности населения

Предлагаемый алгоритм реализации модели представлен на рисунке 4. В схему включены возвратные линии (циклы), позволяющие корректировать параметры при выявлении несоответствий на этапе оценки применимости.

Рисунок 4. Алгоритм совершенствования организации мест накопления ТКО

На основе анализа действующей нормативной базы и выявленных проблем организации мест накопления ТКО в жилой застройке предложена модель сопоставления нормативных требований с фактическими нагрузками и условиями эксплуатации. Создание подобной модели обусловлено тем, что в существующих нормативных документах регламентируются отдельные параметры контейнерных площадок, однако не предусмотрен комплексный подход к их адаптации под реальные условия функционирования. Предлагаемая модель разработана впервые и позволяет повысить обоснованность решений в части организации контейнерной инфраструктуры, оказывая влияние на санитарное состояние

территории, эксплуатационную устойчивость жилой застройки и эффективность системы накопления отходов.

Для подтверждения практической применимости предложенной организационно-расчетной модели проведена практическая проверка на примере типового жилого квартала Кировского района г. Волгограда (ул. 64-й Армии) с расчётной численностью населения около 3,5 тыс. чел. В основу верификации положены действующие нормативные параметры: норматив накопления ТКО составляет 0,0025 м³ на человека в сутки, номинальная вместимость стандартного контейнера — 1,1 м³, а предельное количество ёмкостей на одной площадке при смешанном сборе не должно превышать 8 единиц. С учётом сезонных колебаний образования отходов в расчёте применён поправочный коэффициент неравномерности $K_n = 1,3$. На основании указанных исходных данных суточный объём образующихся отходов оценивается в 8,75 м³, что при базовом расчёте требует размещения 8 контейнеров. После корректировки на неравномерность накопления необходимое количество ёмкостей увеличивается до 11 штук, что в соответствии с санитарными нормами обосновывает организацию двух контейнерных площадок вместо трёх, фактически эксплуатируемых на данном объекте.

Оптимизация схемы накопления отходов по разработанному алгоритму позволяет сократить количество контейнерных точек на 33 % при сохранении нормативной вместимости инфраструктуры. Средний коэффициент заполнения контейнеров снижается с 94 % до 72 %, что существенно уменьшает вероятность переполнения площадок в летний период и улучшает санитарно-эпидемиологическую обстановку. Одновременно рационализация логистики вывоза ТКО обеспечивает сокращение еженедельного числа рейсов специализированного транспорта с 21 до 14, что даёт относительную экономию эксплуатационных ресурсов на уровне одной трети. Полученные результаты подтверждают, что предложенная модель не только устраняет диспропорции между нормативными требованиями и фактическими нагрузками, но и обладает потенциалом масштабирования для городов со схожей структурой жилой застройки, включая г. Ташкент, где также сохраняется потребность в адаптации контейнерной инфраструктуры под реальные условия эксплуатации.

Выводы

В результате исследования установлено, что недостаточная эффективность системы обращения с ТКО в жилой застройке во многом связана с этапом накопления отходов. На примере Волгоградской области показано, что при наличии 719 объектов размещения отходов, из которых 693 являются свалками ТКО, а также при росте числа и площади несанкционированных свалок, действующая система организации мест накопления требует совершенствования [8-9].

В рамках исследования систематизированы ранее разрозненные нормативно-технические требования к организации контейнерных площадок, выявлено отсутствие механизма их сопоставления с фактическими нагрузками и условиями эксплуатации жилой застройки. Сравнительный анализ с г. Ташкентом показал, что проблемы инфраструктурного несоответствия и финансового обеспечения являются общими для региона, несмотря на различия в инструментах контроля (GPS, тарифы).

На этой основе предложены модель и алгоритм совершенствования организации мест накопления ТКО, обеспечивающие согласование нормативных требований с фактическими параметрами контейнерной инфраструктуры и тем самым раскрывающие научную новизну исследования. Практическая проверка предложенной модели на примере жилого квартала г. Волгограда подтвердила её работоспособность: оптимизация параметров накопления позволяет сократить количество контейнерных площадок на 33 % при сохранении нормативных санитарных требований. Достигаемое снижение средней загрузки контейнеров с 94 % до 72 % уменьшает риск переполнения площадок и повышает эксплуатационную устойчивость системы. Внедрение предложенной модели позволит снизить экологические риски и повысить качество жизни населения в жилой застройке.

Литература

1. Шварцбург Л.Э., Иванова Н.А., Рябов С.А., Гаврилова Н.Н. Введение в курс обращения с отходами производства и потребления / Шварцбург Л.Э., Иванова Н.А., Рябов С.А., Гаврилова Н.Н. // Учебное пособие. - Москва: Янус-К, 2024. - 128 с.
2. Иванцова Е.А. Проблемы и перспективы управления твердыми бытовыми отходами / Иванцова Е.А.// Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2016. № 2(35). С. 148-155.
3. Голубев А.Д. Разработка подсистемы технического зрения для решения задачи классификации фракций ТБО в системе автоматизированной сортировки ТБО / Голубев А.Д. // В сборнике: Регион искусственного интеллекта. Материалы Всероссийской студенческой научной конференции. Череповец, 2022. С. 211-215.
4. Сафронова А.Д., Супранович В.М. Влияние основных элементов технологического модуля на формообразование вертикального технопарка по переработке ТБО/ Сафронова А.Д., Супранович В.М. // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2024. Т. 6. № 3. С. 76-83.
5. Храпай Е.С., Кучерова А.В., Экологическое состояние почв рекультивированного полигона ТБО/ Храпай Е.С., Кучерова А.В., Колесников С.И.// В сборнике: Современное состояние черноземов. Материалы III Международной научной конференции и II Международной научной школы для молодых ученых «Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки». Ростов-на-Дону, 2023. С. 428-430.
6. Быстров И.А., Пушкарев М.А. Окисление метана в почве свалок ТБО консорциумом метанотрофов/ Быстров И.А., Пушкарев М.А. // В книге: Политех наукам о жизни (LifeSciencePolytech). Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербург, 2025. С. 39.
7. Распутина Е.В., Гранстрем М.А. Принципы организации территорий полигонов ТБО на примере объекта "НОВЫЙ СВЕТ - ЭКО"/ Распутина Е.В., Гранстрем М.А. // В сборнике: XIV Региональный творческий форум с международным участием "Архитектурные сезоны в СПбГАСУ". Сборник материалов II Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2024. С. 104-105.
8. Сосунов А.С., Прожорина Т.И. Мониторинг состояния окружающей среды в результате эксплуатации полигона ТБО/ Сосунов А.С., Прожорина Т.И.// В сборнике: Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. Сборник научных статей. Воронеж, 2025. С. 260-264.
9. Андриянова Д.А. Обзор и анализ модулей передачи данных в интеллектуальной системе сбора ТБО/ Андриянова Д.А.// В сборнике: Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАУ-2024). Сборник трудов XXII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 2-х томах . Таганрог, 2024. С. 468-471.
10. Коршунова А.В., Андриянова Д.А., Супиченко В.Ю., Косенко О.В. Исследование модуля энергообеспечения для системы сбора ТБО/ Коршунова А.В., Андриянова Д.А., Супиченко В.Ю., Косенко О.В.// В сборнике: Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика. сборник трудов XIII Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума. Ростов-на-Дону - Таганрог, 2024. С. 192-196.

Study of the prospects for organizing solid waste accumulation sites in residential developments based on a comparative analysis of Volgograd and Tashkent

Karpushko E.N., Shekochihina E.V., Pavlova I.A., Nematzhonov A.N., Ulyanov N.S.
Volgograd State Technical University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article examines the effectiveness of municipal solid waste (MSW) management systems at the accumulation stage in residential developments. A comparative analysis of the infrastructure of Volgograd and Tashkent reveals key disparities between regulatory requirements and the actual state of waste container sites. It is established that low recycling rates and the increase in unauthorized waste disposal are due to the lack of a mechanism for adapting regulatory parameters to actual loads. An organizational and calculation model for improving waste collection sites is proposed, including a five-stage algorithm for infrastructure rationalization. The results of the study can be used to improve the environmental and sanitary sustainability of urban areas.

Keywords: Municipal solid waste (MSW), regulatory framework, residential development, technical requirements, container infrastructure, site maintenance.

References

1. Schwartzburg L.E., Ivanova N.A., Ryabov S.A., Gavrilova N.N. Introduction to the course of industrial and consumer waste management / Shvartsburg L.E., Ivanova N.A., Ryabov S.A., Gavrilova N.N. // Tutorial. - Moscow: Janus-K, 2024. - 128 p.
2. Ivantsova E.A. Problems and Prospects of Solid Municipal Waste Management / Ivantsova E.A.// Bulletin of Volgograd State University. Series 3: Economy. Ecology. 2016. No. 2(35). P. 148-15
3. Golubev A.D. Development of a technical vision subsystem for solving the problem of classifying solid waste fractions in an automated solid waste sorting system / Golubev A.D. // In the collection: Region of artificial intelligence. Proceedings of the All-Russian student scientific conference. Cherepovets, 2022. pp. 211-215.
4. Safronova A.D., Supranovich V.M. Influence of the main elements of the technological module on the formation of a vertical technology park for solid waste processing / Safronova A.D., Supranovich V.M. // Technical aesthetics and design research. 2024. Vol. 6. No. 3. P. 76-83.
5. Khrapai E.S., Kucherova A.V., Ecological state of soils of the reclaimed solid waste landfill / Khrapai E.S., Kucherova A.V., Kolesnikov S.I. // In the collection: Current state of chernozems. Proceedings of the III International Scientific Conference and II International Scientific School for Young Scientists "Monitoring, Protection and Restoration of Soil Ecosystems under Anthropogenic Load". Rostov-on-Don, 2023. pp. 428-430.
6. Bystrov I.A., Pushkarev M.A. Methane oxidation in the soil of solid waste landfills by a consortium of methanotrophs / Bystrov I.A., Pushkarev M.A. // In the book: Polytechnic for Life Sciences (LifeSciencePolytech). Collection of abstracts of reports of the All-Russian scientific and practical conference for students, graduate students and young scientists. St. Petersburg, 2025. P. 39.

К вопросу теории надежности технического состояния для диагностирования и оценки ледовых автомобильных дорог и переправ

Квитко Александр Владимирович
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, kvitko.67.67@mail.ru

Статья посвящена вопросам диагностирования ледовых дорог и переправ. В статье обоснованы термины по технической диагностике, рассмотрены особенности развития и состояния расчетных и экспериментально-технических методов диагностирования ледяного покрова, вероятностный подход к определению безотказного функционирования ледовых дорог и переправ. Представлена статистическая оценка вероятности работы ЛАД и П с частично отказавшими элементами. Сделан вывод о роли диагностики в оценке уровня качества и надежности функционирования ледовых дорог и переправ.
Ключевые слова: ледовые дороги и переправы, диагностирование, отказ, эксплуатационный параметр.

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года ее базовый (консервативный) вариант усматривает ускоренное развитие арктической территории с акцентом на зонах освоения новых месторождений полезных ископаемых, способных обеспечить непрерывное наращивание топливно-сырьевого экспорта страны и, в конечном счете, реализацию конкурентного потенциала России в сфере транспорта и роста экспорта транспортных услуг. Главным стратегическим приоритетом Транспортной стратегии в приложении к различным видам транспортной деятельности, в их числе и дорожно-транспортной, является снижение уровней аварийности, рисков и угроз безопасности транспортных процессов и мер по их предупреждению (ст. 2 ФЗ «о БДД» от 10.12.95г., № 196).

В начальный период промышленного освоения Арктики особую роль приобретают ледовые дороги и переправы различного назначения. Сюда же можно отнести и северные районы Сибири и Дальнего Востока, богатые месторождениями нефти и газа в Западной Сибири, зоны Байкало-Амурской магистрали, где основная масса строительных грузов перебрасывается автотранспортом по зимним дорогам, так как в летний период это сделать не позволяют болота, бездорожье и отсутствие мостов.

Научно-технический прогресс в области строительства ледовых дорог во много обусловлен внедрением в практику современных методов теоретической и экспериментально-технической диагностики надежности ледяного покрова, направленных на подъем этой отрасли знаний на новую качественную ступень. Применение новейших методов диагностики базируется на прочном фундаменте накопленного в прошлом опыта [1].

Для успешной работы ледовых автомобильных дорог (ЛАД) и переправ (П) необходимо правильно оценить их техническое состояние [2].

Техническое состояние ЛАД и П характеризуется параметрами, установленными соответствующей документацией и определяющими эксплуатационные свойства ледяного покрова. Параметры (признаки) технического состояния ЛАД и П должны быть качественными (прочность и толщина льда). Процесс определения технического состояния ЛАД и П с определенной точностью называется диагностированием.

В теоретическое диагностирование ЛАД и П включаются вопросы теории надежности – науки о методах обеспечения и сохранения надежности их при проектировании, строительстве и эксплуатации [3]. Теория надежности достаточно хорошо рассматривает вопросы расчета полных отказов [4, 5, 6].

О возможности применения теории расчета частных отказов для анализа функционирования технических систем в литературных источниках лишь упоминается [7]. Точное количественной описание надежности по частным отказам ЛАД и П позволит проводить их сравнение и даст логическую основу для повышения их надежности.

Для анализа ЛАД и П по количественным статистическим характеристикам необходимо уточнить некоторые понятия и, в частности, по теории расчета частичных отказов. Сформулируем основные термины, используя работы [6, 7, 8].

$\overline{P}(\tau)$ – вероятность безотказного функционирования ЛАД и П с пониженным уровнем грузоподъемности. Это вероятность того, что в конце нестационарного интервала интервала времени в серии контрольных измерений эксплуатационных параметров ЛАД и П будет хотя бы одно значение параметра, удовлетворяющее требованиям, то есть $h_i \geq h_{\text{тр}}$ или $\sigma_i \geq \sigma_{\text{тр}}$. Здесь: h_i – линейный, σ_i – прочностной (МПа) параметры ЛАД и П.

Вероятность наличия в системе безотказных элементов по статистическим данным о частичных отказах можно оценить выражением;

$$\overline{P}(\tau) = [N_0 - \overline{n_i}(\tau)]/N_0, \quad (1)$$

Где N_0 – общее число элементов ЛАД и П, т.е. общее число измерений эксплуатационных параметров во всех сериях за время $\tau_{\text{тр}}$(сут).

Частичный отказ – отказ, после возникновения которого использование ЛАД и П по назначению возможно, но при этом значения одного или нескольких основных параметров находятся вне допустимых пределов.

$\overline{n_i}(\tau)$ – число частично отказавшихся элементов в ЛАД и П или число частичных отказов в серии измерений в конце нестационарного интервала времени τ_i. При $\overline{n}(\tau) = 0, \overline{P}(\tau) = 1$.

$\overline{Q}(\tau)$ – вероятность работы ЛАД и П с частично отказавшими элементами. Это вероятность того, что в конце нестационарного интервала времени в серии контрольных измерений эксплуатационных параметров появится хотя бы один частный отказ.

Статистическая оценка вероятности работы ЛАД и П с частично отказавшими элементами предлагается производить по формуле:

$\overline{Q}(\tau) = \overline{n_i}(\tau)/N_0$ (2)

Кроме того, $\overline{Q}(\tau) = 1 - \overline{P}(\tau)$.

Частота частичных отказов $\overline{a}(\tau)$ – это доля частично отказавших элементов ЛАД и П в конце нестационарного интервала времени. Иначе, $\overline{a}(\tau)$ – отношение числа частичных отказов в серии к общему числу измерений эксплуатационных параметров в конце τ_i.

Согласно определению

$\overline{a}(\tau) = \overline{n_i}(\tau)/N_0\tau$, (3)

где $\overline{a}(\tau)$ измеряют 1/сут.

Интенсивность частичных отказов $\overline{\lambda}(\tau)$ – доля частично отказавших элементов в конце нестационарного интервала времени по отношению к числу безотказных. Согласно представленному определению

$\overline{\lambda}(\tau) = \overline{n_i}(\tau)/[N_0 - \overline{n_i}(\tau)]\tau$, (4)

где $\overline{\lambda}(\tau)$ измеряется 1/сут.

Связь между количественными характеристиками устанавливается зависимостью:

$\overline{\lambda}(\tau) = \overline{a}(\tau)/\overline{P}(\tau)$; (5)

$\overline{a}(\tau)/\overline{Q}(\tau) = 1/\tau$, откуда $\overline{Q}(\tau) = \overline{a}(\tau)\tau$

или

$\tau = \overline{Q}(\tau)/\overline{a}(\tau)$. (6)

Последнее выражение может применяться для вычисления числа дней от начала ледостава до начала безотказного функционирования ЛАД и П пониженного уровня, при известных значениях $Q(\tau)$ и $\overline{a}(\tau)$.

Число возможных частичных отказов определим по зависимостям:

$\overline{n_i}(\tau) = N_0[1 - P(\tau)$ (7)

или

$\overline{n_i} = N_0 l\overline{Q}(\tau)$. (8)

Произведем расчет числа $\overline{n_i}(\tau)$ в зависимости от N_0 и $\overline{P}(\tau)$, $\overline{Q}(\tau)$. Результаты расчета представлены в таблице 1 для случая, когда интервал между контрольными точками диагностирования l=1,0 м. Для дискретного и непрерывного контроля справедливо равенство;

$n_i(\tau) = N_0 l\overline{Q}(\tau)$, (9)

где $N_0 \to L_0$. Здесь L_0 – длина ледовой переправы или максимально возможный интервал, котором заключено множество (континуум) контрольных точек с различными значениями параметров. Отметим, что чем больше интервал между контрольными точками, тем выше вероятность провала подвижной нагрузки под лед, т.е. выше вероятность появления внезапного полного отказа.

Таблица 1

Результаты расчета числа $\overline{n_i}(\tau)$

$\overline{P}(\tau)$	0,999	0,990	0,975	0,950	0,900	0,800
$\overline{Q}(\tau)$	0,001	0,010	0,025	0,050	0,100	0,200
N_0	$\overline{n_i}(\tau)$					
10					1	2
100		1	3	5	10	20
10^3	1	10	25	50	100	200
10^4	10	100	250	500	10^3	$2*10^3$
10^5	100	10^3	$2,5*10^3$	$5*10^3$	10^4	$2*10^4$

Полный отказ – отказ, после возникновения которого использование ЛАД и П по назначению невозможно до восстановления их работоспособности.

Перечислим основные причины возникновения полных, часто внезапных отказов ледяного покрова при пропуске по нему транспорта.

Субъективные причины нарушения режима эксплуатации ЛАД и П, приводящие к провалу, следующие:

- движение по льду без тщательного проведенных изысканий;
- встречное движение машин предельного веса;
- уменьшение дистанции между машинами;
- произвольное увеличение предельного веса нагрузки;
- стоянка машин на льду;
- движение машин с критической скоростью [9]. В работе [10] скорость движения по льду ограничивается и рекомендуется не менее 3 и не более 20 км/ч.

Объективные причины нарушения нормального водного или ледового режимов водоемов или водотоков следующие:

- возникновение продольных сквозных трещин во льду;
- возникновение воздушного пространства между льдом и водной поверхностью при падении уровня воды;
- наличие на поверхности ледяного покрова значительной массы снега, приводящей либо к подтаиванию льда снизу, либо к погружению льда в воду;
- наличие вблизи трассы скрытых полыней.

Особенности оценки надежности ЛАД и П по частным отказам следующие:

1. В условиях роста ледяного покрова снизу число частичных отказов постепенно уменьшается (в осенне-зимний период ледостава). Уменьшается и вероятность возникновения полных отказов (проломов льда) под действием нагрузок.
2. Надежность ЛАД и П зимой растет до определенного предела, например, до схода снега с ледяного покрова.
3. Время предельного состояния ледяного покрова совпадает с днем окончания функционирования ЛАД и П максимальной грузоподъемности.

При анализе надежности ЛАД и П применим термин “нестационарный интервал времени” (НИВ), измеряемый в сутках. Это время от начала ледостава до начала функционирования ЛАД и П на любом уровне грузоподъемности. Нестационарным это время называется потому, что время отсчитывается от “строго определенного момента времени” [7 с.23], т.е. от начала ледостава.

В теории надежности “предельное состояние” – это состояние системы, соответствующие технической невозможности или нецелесообразности ее дальнейшей эксплуатации, обусловленное требованиями безопасности или неустранимым снижением эффективности. В гидрологии дата схода снега со льда, появление талой воды на ледяном покрове и переход температуры воздуха через 0^0 является началом средней продолжительности подготовительного периода перед вскрытием рек. Этот период, например, для Амура в районе Хабаровска составляет 20 сут. [11 с.281]. Дата схода снега со льда считается днем предельного состояние ледяного покрова, после которого движение по льду допускается лишь в случае крайней необходимости и с понижением уровня грузоподъемности. Время от даты предельного состояния до даты снижения очередного уровня грузоподъемности ЛАД и П будет называться вторым нестационарным интервалом времени (НИВ – 2), которое и применятся для оценки падения уровня надежности системы в весенний период ледостава.

Таким образом, основной целью диагностирования (обследования) ледовых переправ является оценка уровня надежности их, при обеспечении максимальной безопасности, наименьших трудовых и временных затрат на производство диагностирования. Эта цель может быть достигнута тщательным контролем качества ледяного покрова. ГОСТ 15467-79 [12], отмечает, что контроль качества заключается в проверке соответствия параметров диагностирования установленным требованиям. В ряде случаев требования могут быть снижены до определенного уровня, который оценивается по результатам испытания ЛАД и П. ГОСТом 16504-81 [13] испытания подразделены на исследовательские и контрольные. Исследовательскими (экспериментальными) называются испытания, которые проводят целью изучения параметра, свойств и показателей качества ЛАД и П. Эти испытания могут проводиться как на натурных условиях с целью контроля качества ЛАД и П в процессе их эксплуатации.

Диагностированием определяется степень повышения или снижения показателей (параметров) ЛАД и П, которые позволяют оценить уровни качества или эффективности функционирования. По результатам теоретической и технической диагностики судят о надежности данной дороги.

Литература

1. Квитко А.В., Шендрик В.А., Симонова А.С. **Ледовые переправы как основа транспортного развития Арктики. Статья. Proceedings of ARCTD 2021** (Lecture Notes in Civil Engineering, том 206).
2. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.
3. Червоный А.А., Лукъященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. -М.: Машиностроение, 1976.-288с.
4. Правиков Ю.М., Муслина Г.Р. Основы теории надежности технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие. – УлГТУ, 2015.-122с.
5. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. -М.: Энергия, 1977, с.149-157.
6. Капур К., Ламберсон Р. Надежность и проектирование систем. -М.: Мир, 1980, -604с.

7. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности. -М.: Советское радио, 1975, с.14-31.
8. Методика выбора показателей для оценки надежности сложных технических систем. -М.: Издательство ВНИИС, 1977.-44с.
9. Песчанский И.С. Ледоведение и ледотехника. -Л.:Гидрометеоиздат, 1967. – 461с.
10. Морозов С.И., Павлов Ф.А., Плакса Л.Н., Савельев Э.Н. Зимние дороги в лесной промышленности. -М.: Лесная промышленность, 1969, с.93.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижний Амур. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. Т.18, вып.2. – 591с.
12. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения
13. ГОСТ 16504-81 Испытание и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

On the Theory of Technical Condition Reliability for Diagnosing and Assessing Ice Roads and Crossings.

Kvitko A.V.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article focuses on the diagnostics of ice roads and crossings. It defines technical diagnostics terms, examines the development and current state of computational and experimental methods for diagnosing ice cover, and uses a probabilistic approach to determining the failure-free operation of ice roads and crossings. A statistical assessment of the probability of operation of ice roads and crossings with partially failed components is presented. A conclusion is drawn regarding the role of diagnostics in assessing the quality and reliability of ice roads and crossings.

Keywords: ice roads and crossings, diagnostics, failure, operational parameter.

References

1. Kvitko A.V., Shendrik V.A., Simonova A.S. Ice crossings as the basis for transport development in the Arctic. Article. Proceedings of ARCTD 2021 (Lecture Notes in Civil Engineering, Volume 206).
2. GOST 20911-89 Technical diagnostics. Terms and definitions.
3. Chervony A.A., Lukyashchenko V.I., Kotin L.V. Reliability of complex systems. Moscow: Mashinostroenie, 1976.-288 pages.
4. Pravikov Yu.M., Muslina G.R. Fundamentals of the theory of reliability of technological processes in mechanical engineering. Study guide. Ulyanovsk State Technical University, 2015.-122 pages.
5. Druzhinin G.V. Reliability of automated systems. - Moscow: Energia, 1977, pp. 149-157.
6. Kapur K., Lamberson R. Reliability and System Design. - Moscow: Mir, 1980, -604 p.
7. Kozlov B. A., Ushakov I. A. Handbook of Reliability Calculation. - Moscow: Sovetskoye Radio, 1975, pp. 14-31.
8. Methodology for Selecting Indicators for Assessing the Reliability of Complex Technical Systems. - Moscow: VNIIS Publishing House, 1977.-44 p.
9. Peschansky I. S. Ice Science and Ice Engineering. - Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967. - 461 p.
10. Morozov S. I., Pavlov F. A., Plaksa L. N., Savelyev E. N. Winter Roads in the Forestry Industry. - Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1969, p. 93.
11. Surface Water Resources of the USSR. Lower Amur. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. Vol. 18, Issue 2. – 591 p.
12. GOST 15467-79. Product Quality Management. Basic Concepts, Terms, and Definitions
13. GOST 16504-81. Product Testing and Quality Control. Basic Terms and Definitions.

Определение коэффициента фильтрации волокнистого полимерного сепаратора для очистки нефтесодержащих сточных вод

Корнеева Елена Александровна
Старший преподаватель, кафедра Водопользования и экологии, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Linka360639020@yandex.ru

Сточные воды предприятий автомобильного транспорта относятся к категории высокотоксичных промышленных стоков, содержащих устойчивые эмульсии нефтепродуктов, стабилизированные поверхностно-активными веществами. Существующие методы очистки не обеспечивают стабильного удаления эмульгированных форм нефтепродуктов, поэтому перспективным направлением является применение волокнистых полимерных сепараторов. В работе выполнен теоретический расчет коэффициента фильтрации по уравнению Козени-Кармана, учитывающему структурные параметры материала (пористость, диаметр волокон, удельную поверхность). Для учета неидеальности реальной волокнистой структуры и кольматации в процессе эксплуатации предложен корректировочный коэффициент 0,01, позволяющий получать реалистичные значения, пригодные для инженерных расчетов. С учетом корректировки получены следующие значения коэффициента фильтрации: для ПЭ-слоя – 19,35 м/сут, для ПП-слоя – 9,89 м/сут, для трехслойного композита (по модели последовательного соединения слоев) – 14,67 м/сут.

Ключевые слова: нефтесодержащие сточные воды, автотранспортные предприятия, волокнистый сепаратор, коэффициент фильтрации, полипропилен, полиэтилен, пористость, уравнение Козени-Кармана, закон Дарси, композитная структура.

Введение

Сточные воды предприятий автомобильного транспорта (АТП) относятся к категории высокотоксичных промышленных стоков и характеризуются сложным полидисперсным составом с присутствием устойчивых эмульсий нефтепродуктов, стабилизированных поверхностно-активными веществами.Концентрации загрязнений в таких стоках варьируются в широких пределах: нефтепродукты — 50-500 мг/л, взвешенные вещества — 100-1500 мг/л. Нормативные требования к сбросу в водоемы рыбохозяйственного значения устанавливают предельно допустимую концентрацию нефтепродуктов на уровне 0,05 мг/л, что в 1000-10000 раз ниже фактических концентраций в неочищенных стоках. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, предприятия автомобильного транспорта входят в число наиболее распространенных источников загрязнения поверхностных водных объектов в селитебных зонах. [1-2]

Особую экологическую опасность представляют эмульгированные нефтепродукты, стабилизированные поверхностно-активными веществами, входящими в состав современных моющих средств. Такие эмульсии устойчивы к гравитационному разделению, способны мигрировать на значительные расстояния в водных объектах и оказывать токсическое воздействие на гидробионты при концентрациях, значительно ниже предельно допустимых. [3-4].

Для удаления нефтепродуктов из сточных вод применяются различные методы: гравитационное отстаивание в нефтеловушках, напорная и безнапорная флотация, сорбция на различных материалах, коалесцентная сепарация, мембранные методы разделения. Однако анализ работы локальных очистных сооружений на типовых АТП выявляет системные недостатки существующих технологий. Гравитационные нефтеловушки эффективны только для удаления свободных нефтепродуктов (крупнее 100-150 мкм), их эффективность по эмульгированным формам не превышает 15-30%. Флотационные установки нестабильно работают при повышенном пенообразовании, вызванном наличием поверхностно-активных веществ. Сорбционные фильтры на основе активированного угля и цеолитов быстро кольматируются взвешенными веществами, имеют ограниченную грязеемкость и высокую стоимость эксплуатации. [5-7].

В последние годы активно развивается направление, связанное с применением волокнистых полимерных материалов для очистки водных сред от нефтяных загрязнений. Волокнистые материалы, позволяют создавать структуры с регулируемой пористостью, высокой удельной поверхностью и заданными фильтрационными характеристиками. Особый интерес представляют композитные структуры с градиентом свойств по толщине, где разные слои выполняют специализированные функции.

Полипропилен (ПП) и полиэтилен (ПЭ) являются наиболее перспективными материалами для создания таких структур благодаря своим физико-химическим свойствам. Полипропилен обладает ярко выраженными гидрофобными (краевой угол смачивания водой $\theta > 90°$) и олеофильными (угол смачивания маслом $\theta \to 0°$) свойствами, что обеспечивает селективную сорбцию нефтепродуктов [2, 8]. Полиэтилен, особенно высокой плотности, обеспечивает механическую прочность и абразивную стойкость внешних . [9]

Исследованиям волокнистых фильтрующих материалов посвящены работы многих авторов. Копылова И.В. в своей диссертационной работе исследовала разделение водонефтяных эмульсий мембранным методом и показала эффективность гидрофобных полимерных мембран [10]. Куликовский В.В. разрабатывал волокнисто-пористые фильтрующие материалы для очистки сточных вод от нефтепродуктов [11]. Однако большинство исследований посвящено либо синтезу новых материалов, либо очистке модельных растворов, и недостаточно внимания уделено комплексному определению фильтрационных характеристик трехслойных композитных структур применительно к реальным условиям эксплуатации. [12]

Для внедрения волокнистых полимерных сепараторов в практику проектирования локальных очистных сооружений необходимы надежные данные об их фильтрационных характеристиках. Ключевыми параметрами являются: коэффициент фильтрации ($k_ф$), определяющий производительность устройства; удельная грязеемкость по нефтепродуктам (Г_НП), характеризующая ресурс фильтра; гидравлическое сопротивление и его изменение в процессе эксплуатации; кинетика кольматации.

Отсутствие систематических исследований этих характеристик для трехслойных композитных материалов сдерживает их широкое применение в практике водоочистки.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение фильтрационных характеристик трехслойного волокнистого сепаратора (ПЭ-ПП-ПЭ) для глубокой доочистки нефтесодержащих сточных вод автотранспортных предприятий. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследовать морфологические и структурные параметры трехслойного композитного материала.
2. Определить коэффициент фильтрации сепаратора.
3. Выполнить сопоставление экспериментальных данных с теоретическими расчетами по уравнению Козени-Кармана.

Методы

Сепаратор представляет собой композитную волокнистую структуру, сформированную методом термонамотки с последовательным наложением слоев. В зависимости от условий формирования, сепаратор может иметь различную структуру и особенности (таблица 1).

Таблица 1
Варианты структур сепаратора

Тип структуры	Материал слоев	Количество слоев	Особенности
однородный	полипропилен	1	однородная структура, высокая проницаемость
однородный	полиэтилен	1	более плотная упаковка, повышенная жесткость
гибридный	полиэтилен + полипропилен	2	комбинация: пэ – каркас, пп – рабочий слой
гибридный	полиэтилен + полипропилен + полиэтилен	3	симметричная структура, защита рабочего слоя с двух сторон

Исследование морфологии волокнистого сепаратора проводилось методом растровой электронной микроскопии (РЭМ). На рис. 1 и рис. 2 представлены микрофотографии поперечного среза полиэтиленового и полипропиленового образцов при различном увеличении.

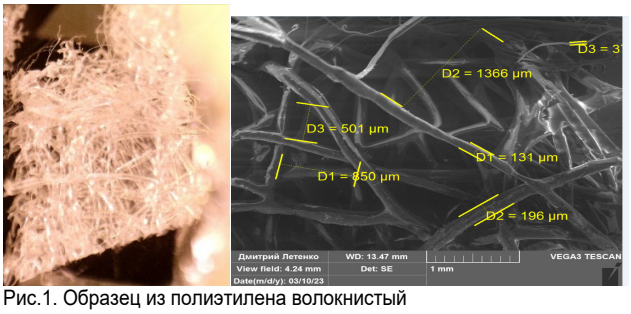


Рис.1. Образец из полиэтилена волокнистый

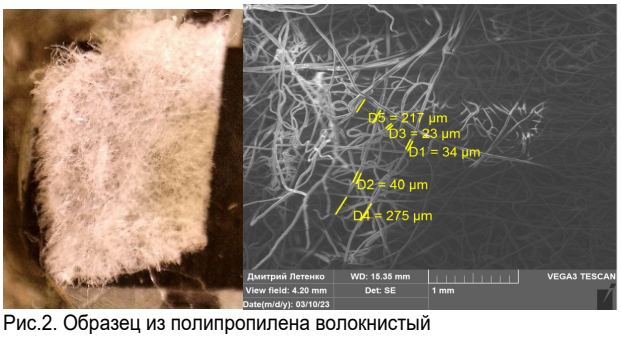


Рис.2. Образец из полипропилена волокнистый

Волокнистый сепаратор рассматривается как пористая мембрана, работающая в режиме барьерной сепарации. Для описания процесса фильтрации используется уравнение Дарси для ламинарного течения через пористую среду:

$$Q = \frac{k_ф \cdot F \cdot H}{\mu \cdot L}$$

где Q – расход, м³/с,;

$k_ф$ – коэффициент фильтрации, м/с (характеристика материала);

F – площадь фильтрации, м²;

H – перепад давления (гидростатический напор), Па (или м вод. ст.);

μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с;

L – толщина фильтрующего слоя, м.

Основной задачей является нахождение коэффициента фильтрации для волокнистой среды.

Экспериментальные исследования проводились на лабораторном стенде, моделирующем работу фильтра в самотечном режиме под гидростатическим напором.

Для теоретической оценки коэффициента фильтрации используется уравнение Козени-Кармана, описывающее течение жидкости через пористую среду:

$$kф = \frac{\rho \cdot g \cdot}{\mu} \cdot \frac{\varepsilon^3}{k \cdot S_0^2 (1-\varepsilon)^2}$$

где:

ρ – плотность воды при 20°C, 1000 кг/м³;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

μ – динамическая вязкость воды при 20°C, 1,002×10⁻³ Па·с;

ε – пористость;

S_0 – удельная поверхность волокон, м²/м³;

k – константа Козени (для случайной упаковки волокон ≈ 5).

Результаты

В таблице 2 представлена сводка результатов расчета коэффициента фильтрации и основных гидравлических параметров для трехслойного волокнистого сепаратора композитной структуры ПЭ-ПП-ПЭ. Расчет выполнен для фильтрующей жидкости, представляющей собой водно-дизельную эмульсию (1 л дизельного топлива на 50 л воды) при температуре 20°C.

Таблица 2
Теоретический расчет коэффициента фильтрации отдельных слоев

Параметр	Единица измерения	Слой 1 (ПЭ)	Слой 2 (ПП)	Слой 3 (ПЭ)	Композит (ПЭ-ПП-ПЭ)
Диаметр слоя	м	0,08	0,075	0,07	–
Площадь фильтрации	м²	0,00503	0,00442	0,00385	0,00385
Толщина слоя	мм	5	5	5	15
Диаметр волокон	мкм	35	15	35	–
Пористость	–	0,78	0,85	0,78	–
Коэф. фильтрации (теор.), м/сут	м/сут	1935	989	1935	–
Коэф. фильтрации (реал.)	м/сут	19,35	9,89	19,35	**14,67**
Гидростатический напор	м	–	–	–	0,45
Расчетный расход	л/ч	–	–	–	**70,6**
Скорость фильтрации	м/ч	–	–	–	**7,1**

Коэффициент фильтрации рассчитан двумя способами: теоретическим (по уравнению Козени-Кармана) и реальным (с корректировочным коэффициентом 0,01, учитывающим неидеальность структуры, наличие связующих между волокнами и сжатие материала под нагрузкой). Теоретические значения для ПЭ и ПП составляют 1935 и 989 м/сут соответственно, что значительно превышает экспериментальные данные. Реальные значения, пригодные для инженерных расчетов, составляют 19,35 м/сут для ПЭ и 9,89 м/сут для ПП.

Выводы

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований фильтрационных характеристик трехслойного волокнистого сепаратора композитной структуры ПЭ-ПП-ПЭ могут быть сформулированы следующие выводы:

1. Уравнение Козени-Кармана, применяемое для расчета коэффициента фильтрации пористых сред, дает теоретические значения для полиэтиленового слоя 1935 м/сут и для полипропиленового слоя 989 м/сут. Однако данные значения значительно превышают экспериментальные данные для волокнистых материалов, что объясняется неидеальностью реальной структуры и наличием связующих между волокнами. Для инженерных расчетов предложен корректировочный коэффициент 0,01, полученный экспериментальным путем и позволяющий получать реалистичные значения: 19,35 м/сут для ПЭ-слоя и 9,89 м/сут для ПП-слоя. Предложенный корректировочный коэффициент учитывает возможную кольматацию, т.е. постепенное заполнение пор уловленными загрязнениями (нефтепродуктами и взвешенными веществами).

2. С использованием модели последовательного соединения слоев рассчитан общий коэффициент фильтрации трехслойного сепаратора ПЭ-ПП-ПЭ, который составляет 14,67 м/сут. Данное значение является интегральной характеристикой, учитывающей последовательное гидравлическое сопротивление всех трех слоев. Полипропиленовый слой с меньшим диаметром волокон (15 мкм) вносит основной вклад в общее сопротивление композита.

3. При гидростатическом напоре 0,45 м (высота слоя жидкости над фильтром) и эффективной площади фильтрации 0,00385 м² (определяемой наименьшим диаметром выходного слоя) расчетный расход через сепаратор составляет 70,6 л/ч, а скорость фильтрации достигает 7,1 м/ч.

4. Полученная скорость фильтрации (7,1 м/ч) превышает рекомендуемый для самотечных систем диапазон 0,5-2,0 м/ч. Это указывает на необходимость либо увеличения площади фильтрации (например, за счет использования кассеты из нескольких фильтрующих элементов), либо снижения расхода через единичный фильтр для обеспечения оптимального режима работы и предотвращения преждевременной кольматации.

5. Определенное значение коэффициента фильтрации $k_ф = 14{,}67$ м/сут может быть рекомендовано для инженерных расчетов при проектировании фильтрующих модулей в системах глубокой доочистки нефтесодержащих сточных вод автотранспортных предприятий. Полученные зависимости позволяют прогнозировать производительность и гидравлическое сопротивление сепаратора в зависимости от его конструктивных параметров (диаметр волокон, пористость, толщина слоев, количество слоев).

Литература

1. Корнеева, Е. А. Применение фильтра из полимерных материалов при очистке нефтесодержащих сточных вод / Е. А. Корнеева, А. П. Авсюкевич, А. В. Утин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2025. – № 7(799). – С. 107-115.
2. Зайцев Н.С. Очистка поверхностных сточных вод от нефтепродуктов в коалесцентных сепараторах с гофрированными олеофильными пластинами // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2024. – № 3. – С. 74-81.
3. Корнеева, Е. А. Сравнительный анализ полимерных фильтрующих материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод транспортных предприятий / Е. А. Корнеева // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 12. – С. 441-443.
4. Корнеева, Е. А. Волокнистый фильтр и эффективность его использования при фильтрации сточных вод / Е. А. Корнеева, А. П. Авсюкевич, Д. Г. Летенко // Вестник гражданских инженеров. – 2024. – № 4(105). – С. 70-79. – DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-4-70-79.
5. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 2019. – 447 с.
6. Долина Л.Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод. – Днепропетровск: Континент, 2005. – 296 с.
7. Шиян С.И., Терещенко И.А., Панько С.В., Бочко Е.Д. Эффективные технологии разделения воды и нефтепродуктов в промышленных условиях // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2025. – № 10(394). – С. 45-49.
8. Святченко А.В., Сапронова Ж.А. Очистка ливневых стоков автозаправочных станций от нефтепродуктов и взвешенных веществ // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2020. – № 2(76). – С. 23–34.
9. Кузнецова О.В., Стрельникова С.Ю., Хролынцев А.А., Яковлева О.В. Применение оптического метода контроля для оценки параметров фильтрующих элементов из нетканых волокнистых полимерных материалов // Научное обозрение. – 2018. – № 5. – С. 112-119.
10. Копылова И.В. Разделение водонефтяных эмульсий мембранным методом: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Копылова Ирина Владимировна. – М., 2006. – 145 с.
11. Куликовский В.В. Разработка конкурентоспособных волокнисто-пористых фильтрующих материалов для очистки сточных вод от нефтепродуктов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2021. – 158 с.
12. Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Изучение режимов фильтрации при изменении гидравлических и гидродинамических характеристик коалестирующих загрузок // Известия КГАСУ. – 2016. – № 3(37). – С. 205-209.

Determination of the filtration coefficient of a fibrous polymer separator for oily wastewater treatment

Korneeva E.A.,
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

Wastewater generated by motor transport enterprises is classified as highly toxic industrial effluent containing stable emulsions of petroleum products stabilized by surfactants. Existing treatment technologies fail to provide consistent removal of emulsified petroleum products, making the application of fibrous polymer separators a promising approach. This study presents a theoretical calculation of the filtration coefficient using the Kozeny-Carman equation, which incorporates key structural parameters of the material (porosity, fiber diameter, specific surface area). To account for the non-ideal nature of the actual fibrous structure and clogging during operation, a correction factor of 0.01 is introduced, enabling the derivation of realistic values suitable for engineering calculations. Applying this correction, the following filtration coefficient values were obtained: for the PE layer – 19.35 m/day, for the PP layer – 9.89 m/day, and for the three-layer composite (based on the series resistance model) – 14.67 m/day.

Keywords: oily wastewater, motor transport enterprises, fibrous separator, filtration coefficient, polypropylene, polyethylene, porosity, Kozeny-Carman equation, Darcy's law, composite structure.

References

1. Korneeva E.A., Avsyukevich A.P., Utin A.V. Application of a polymer material filter for oily wastewater treatment // Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction. – 2025. – No. 7(799). – P. 107-115.
2. Zaitsev N.S. Purification of surface wastewater from petroleum products in coalescent separators with corrugated oleophilic plates // Biosphere Compatibility: Human, Region, Technologies. – 2024. – No. 3. – P. 74-81.
3. Korneeva E.A. Comparative analysis of polymer filter materials for oily wastewater treatment of transport enterprises // Innovations and Investments. – 2025. – No. 12. – P. 441-443.
4. Korneeva E.A., Avsyukevich A.P., Letenko D.G. Fibrous filter and its efficiency in wastewater filtration // Bulletin of Civil Engineers. – 2024. – No. 4(105). – P. 70-79. – DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-4-70-79.
5. Lurie Y.Y. Analytical chemistry of industrial wastewater. – M.: Khimiya, 2019. – 447 p.
6. Dolina L.F. Modern technology and facilities for oily wastewater treatment. – Dnepropetrovsk: Continent, 2005. – 296 p.
7. Shiyan S.I., Tereshchenko I.A., Panko S.V., Bochko E.D. Effective technologies for water and petroleum products separation in industrial conditions // Construction of Oil and Gas Wells Onshore and Offshore. – 2025. – No. 10(394). – P. 45-49.
8. Svyatchenko A.V., Sapronova Zh.A. Treatment of stormwater runoff from gas stations from petroleum products and suspended solids // Issues of Modern Science and Practice. Vernadsky University. – 2020. – No. 2(76). – P. 23-34.
9. Kuznetsova O.V., Strelnikova S.Y., Khrolyntsev A.A., Yakovleva O.V. Application of optical control method for evaluating parameters of filter elements from nonwoven fibrous polymer materials // Scientific Review. – 2018. – No. 5. – P. 112-119.
10. Kopylova I.V. Separation of oil-water emulsions by membrane method: dissertation of Candidate of Technical Sciences: 05.17.08 / Kopylova Irina Vladimirovna. – M., 2006. – 145 p.
11. Kulikovsky V.V. Development of competitive fibrous-porous filter materials for wastewater treatment from petroleum products: dissertation of Candidate of Technical Sciences. – M., 2021. – 158 p.
12. Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Study of filtration regimes with changes in hydraulic and hydrodynamic characteristics of coalescing filter media // Proceedings of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. – 2016. – No. 3(37). – P. 205-209.

Испытание тонкослойного модуля новой конструкции для очистки сточных вод предприятия по производству литий-ионных аккумуляторов

Лю Сюэлян
аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, liuxueliang6@yandex.ru,

Федоров Святослав Викторович
канд. техн. наук, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, svyatoslavfedorov@mail.ru

В данной статье представлен опыт решения проблемы очистки сточных вод на одном из китайских предприятий в провинции Хэнань по производству литий-ионных аккумуляторов с использованием двух усовершенствованных конструкций тонкослойного модуля. В рамках работы выполнен анализ причин повышения концентрации взвешенных веществ в сточных водах, возникшее на данном предприятии после изменения технологического процесса. В результате эксперимента с применением двух новых типов модуля в отстойниках были получены данные об эффективности удаления взвешенных веществ и снижения ХПК в сточных водах. Эффективность удаления взвешенных веществ составила 82,9-89,7%. Результат очистки сточных вод подтвердил эффективную работу модуля на реальном стоке и возможность применения данных конструкций модуля в инженерной практике.
Ключевые слова: отстойник, тонкослойный модуль, взвешенные вещества, ХПК.

Введение

Компания «Sunpower Manufacturing Co., Ltd.» (KHP) — это крупное предприятие, специализирующееся на разработке и производстве литий-ионных аккумуляторов. Предприятие располагается в городе Синьсян провинции Хэнань. Суточный объем сточных вод зависит от производственной мощности и при максимальном выпуске продукции составляет 280–350 м³. На каждом этапе производства аккумуляторов образуются сточные воды, содержащие большое количество взвешенных веществ, электролиты, полимерные связующих материалы, органические соединения, фториды, фосфаты и другие химические реагенты [1 - 3,].

В настоящее время у предприятия возникли проблемы с очисткой стоков и повторным использованием воды. В связи с увеличением объема заказов предприятие модернизировало технологию промывки отрицательных электродов аккумуляторов с целью повышения производственной эффективности, заменив прежнюю технологию очистки NMP [4 - 6] на более простую, эффективную и экономичную технологию очистки графитом. Однако, это привело к резкому увеличению концентрации взвешенных веществ в производственных сточных водах. Существующие сооружения не способны эффективно очищать сток с высокой концентрацией взвешенных веществ, что привело к ухудшению качества очистки, увеличению дозировки флокулянта и щелочи, и, как следствие, к росту затрат на техническое обслуживание. Несмотря на дополнительное использование реагентов очищенная вода все равно не соответствовала требованиям китайского национального стандарта (GB 30484-2013) [7], согласно которому концентрация взвешенных веществ должна быть ниже 70 мг/л, и не может быть повторно использована. В таблице 1 приведены концентрации взвешенных веществ и ХПК в сточных водах на каждом этапе производственного процесса после смены технологии производства.

Таблица 1

№ п/п	Технологический процесс	Загрязняющее вещество	Концентрация, мг/л	ХПК, мг/л
1	Промывка положительного электрода аккумулятора	Порошок никеля, кобальта и марганца	200-500	500-1000
2	Промывка отрицательного электрода аккумулятора	Графитовый порошок	2000-6000	2000-5000
3	Утилизация NMP, очистка электролита	Реагенты, частицы металлического порошка	100-500	500-1500
4	Очистка оборудования, влажная уборка цеха	Смесь из вышеуказанных загрязнений	500-2000	1000-3000
5	Среднесуточная концентрация загрязнений		3800-7400	1500-3500

На предприятии используется следующая технология очистки сточных вод: решетка (удаление крупных загрязнений) → добавление щелочи (NaOH) для регулирования pH → добавление флокулянта (PAC [8, 9]) → осаждение в тонкослойном отстойнике → каталитическое окисление озоном → биофильр для удаления органических соединений → фильтрация через ионообменную смолу для удаления тяжелых металлов → обеззараживание ультрафиолетом.

В результате анализа качества воды на разных этапах очистки было установлено, что проблема плохого качества очищенных сточных вод объясняется крайне низкой эффективностью работы тонкослойного отстойника, даже при условии увеличения дозы флокулянта. Осложняет ситуацию нехватка объема приемного резервуара для хранения стоков при максимальном выпуске продукции, что приводит к увеличению скорости потока в тонкослойном модуле и снижению эффективности удаления взвешенных веществ.

На рисунке 1 показан тонкослойный отстойник, используемый на предприятии, в котором установлен трубчатый тонкослойный модуль BF-05 с внутренним диаметром – 35мм. Длина отстойника составляет – 2 м, а ширина – 1м. В связи с изменением технологического процесса сточные воды содержат большое количество графитового порошка, что привело к изменению цвета и мутности воды. На фотографии конструкция существующего модуля в отстойнике практически не видна.

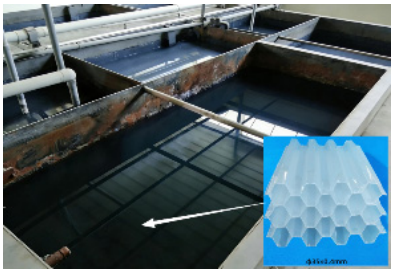


Рис. 1. Тонкослойный отстойник предприятия

Методы

С целью повышения эффективности очистки взвешенных веществ были предложены две новые конструкции тонкослойного модуля, которые монтировались в емкость отстойника взамен существующего трубчатого модуля.

I. Тонкослойный модуль с п-образными полками

Для того чтобы увеличить эффективную площадь осаждения модуля в горизонтальной проекции, избежать повторное взмучивание частиц, а также снизить накопление на пластине, в конструкции предусматривались поперечные П-образные полки, которые располагались под углом от 55° до 60°, формируя дополнительные каналы для движения потока осаждающихся частиц поперек пластины. Сбоку модуля устраивается дополнительный канал, который отделяется от тонкослойного модуля перфорированной пластиной. Перфорация выполняется таким образом, чтобы отверстия совпадали с концами сборных полок. Таким образом взвешенные вещества, накапливающиеся на полке, двигаясь за счет уклона через отверстия в стенке будут поступать в общий сборный канал [10] и по нему направляться в бункер для накопления осадка. На рисунке 2. представлена усовершенствованная конструкция тонкослойного модуля 1-го типа.

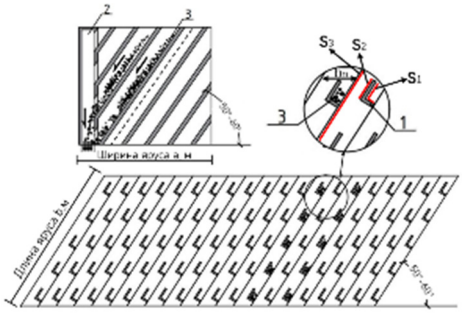


Рис. 2. Тонкослойный модуль с П-образными полками (1-го типа)
1. Полки, отводящие взвесь; 2. Канал для отведения взвеси с полок;
3. Взвесь, попадающая на полку

II. Тонкослойный модуль с обтекаемой формой поперечной полки

Этот модуль состоит из нескольких регулярно-изогнутых пластин с полукруглыми полками, которые расположены под углом от 55° до 60°, в виде каналов поперек пластины. В отличие от первого типа модуля, эта конструкция позволяет потоку воды течь в канале с постоянной скоростью, исключая формирование областей сжатия потока и дополнительной турбулизации. Обтекаемые полки также позволяют создать область спокойного осаждения частиц, исключающую воздействие восходящего потока. На рисунке 3. представлена конструкция модуля 2-го типа.

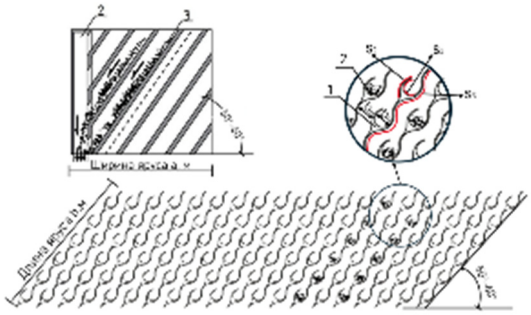


Рис. 3. Тонкослойный модуль с обтекаемой формой поперечной полки (2-го типа)
1. Полки, отводящие взвесь; 2. Канал для отведения взвеси с полок; 3. Взвесь, попадающая на полку

Для обеспечения точности экспериментального сравнения размеры модулей определялись с учетом постоянства эффективной площади осаждения [м²/м³], представляющая собой площадь твердой поверхности, на которую происходит оседание взвешенных частиц [11]. Ширина стандартного модуля составляла a = 1 м, длина — b = 1 м, а угол наклона был равен 60°. По данным производителя трубчатого тонкослойного модуля, эффективная площадь осаждения модуля модели BF-05 (d=35 мм, с толщиной пластины 0,4 мм) составляет 153,7 м²/м³ [12]. Объем конструкции стандартного модуля составляет 1 м³.

Эффективная площадь осаждения для новых типов модуля будет складываться из (см. Рис. 2, 3)отором площади показаны локально для одной пластины):

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

S_1 – общей площади внутренних полостей поперечных полок

S_2 – общей площади стенок полок, расположенных параллельно пластинам модуля, которые контактируют с потоком воды и на их поверхность также происходит осаждение взвешенных частиц;

S_3 – общая площадь пластин модуля;

Используя геометрические зависимости для вычисления эффективной площади осаждения, были оценены расстояния между пластинами для новых типов модуля при условии постоянства габаритных размеров, аналогичных стандартному модулю. Для конструкции 1-го типа расстояние между пластинами составило 4 см. В случае конструкции 2-го типа расстояние между пластинами равно 6 см.

На рисунке 4 показаны модули, изготовлены с помощью технологии 3D-печати из черного PETG-пластика, который характеризуется высокой коррозионной стойкостью, долговечностью и стабильной прочностью конструкции, не зависящей от температуры воды.

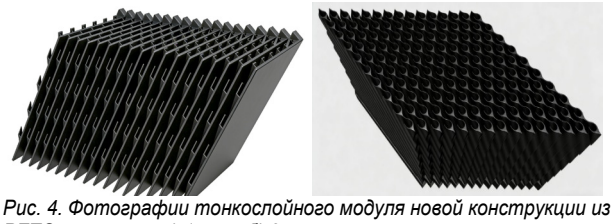


Рис. 4. Фотографии тонкослойного модуля новой конструкции из PETG-пластика, а) 1 тип, б) 2 тип

Исходная концентрация взвешенных веществ в сточных водах составляла 6453 мг/л. На рисунке 5 показана фотография отобранной из отстойника пробы исходной воды.

Рис. 5. Производственные сточные воды

Для измерения концентрации взвешенных веществ до и после очистки использовался мутномер STAR UCT006 (рис. 6).

Рис. 6. Результат измерений концентрации взвешенных веществ в сточных водах

Для измерения ХПК сточных вод использовался прибор TONG TR-6900 (см. рис. 7). Исходная концентрация ХПК в сточных водах до очистки составляла 3235,96 мг/л.

Рис. 7. Результат измерений содержания ХПК в сточных водах

Расход воды в отстойнике в момент проведения эксперимента был равен 17 л/с, дозировка флокулянта оставалась неизменной на протяжении всего процесса и составляла 380мг/сутки. Первоначально измерение концентраций осуществлялось для стандартного трубчатого модуля, затем осуществлялся монтаж нового модуля, и серия измерений повторялась. Наблюдение за работой отстойника происходило в течении 2 часов. В процессе очистки производилось непрерывное измерение концентрации взвеси и ХПК каждые 5 минут.

После проведения экспериментов были получены графики изменения концентрации взвешенных веществ и ХПК после очистки (рис8, 9) для рассмотренных типов тонкослойного модуля.

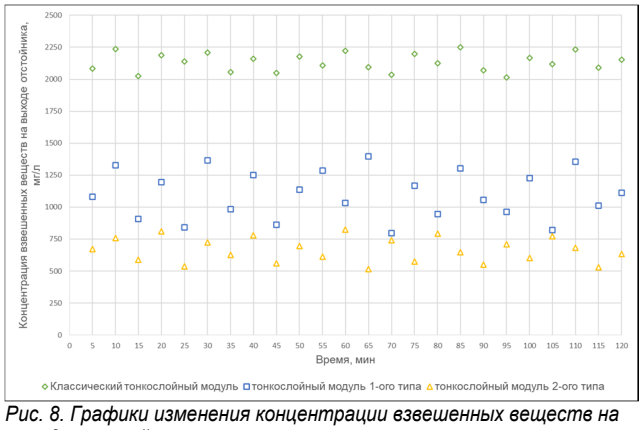


Рис. 8. Графики изменения концентрации взвешенных веществ на выходе отстойника

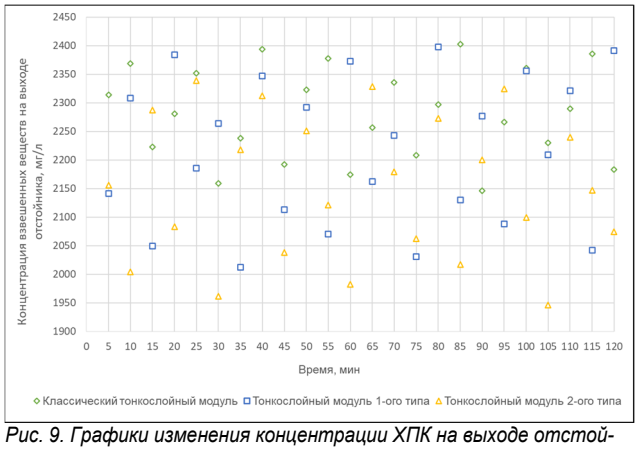


Рис. 9. Графики изменения концентрации ХПК на выходе отстойника

Выводы

Руководствуясь графиками концентрации, можно отметить, что новые типы тонкослойных модулей демонстрируют хорошую эффективность очистки сточных вод с высоким содержанием взвешенных веществ. По сравнению со стандартным трубчатым модулем конструкция с П-образными полками позволяет повысить эффективность осаждения на 16%. Конструкция модуля с обтекаемой формой полки увеличивает эффективность на 23 %. Концентрация ХПК после осаждения взвеси существенно не изменялась и была практически одинаковой у всех типов модулей. Это объясняется тем, что большая часть органических соединений присутствует в растворенном состоянии и не сорбируется на взвешенных частицах. Полученный результат может быть использован в инженерной практике при разработке локальных очистных сооружений производственного стока.

Литература

1. Yang W. Engineering design and operation of lithium battery wastewater treatment / W. Yang, G. Shi // Environmental Engineering. – 2025. – Vol. 43. – N 7. – P. 112-118.
2. Garcia, M. Design and operation of wastewater treatment project for lithium battery production/ M. Garcia // Industrial water treatment. – 2025. – Vol. 45. – N 3. – P. 206-211.
3. Liu S. Research progress of NCM ternary cathode materials for lithium-ion batteries/ S. Liu S. Luo Q. Sun Z. Shi // Materials Today Chemistry. – 2025. – Vol. 12. – N 1.
4. Zhang J. Study on the recovery of NMP waste liquid in lithium battery production by coupled pervaporation–adsorption process and evaluation of technical and economic performances/ J. Zhang He G. Wang Y. Zhao// Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2024. – Vol. 78. – N 1. – P. 45-52.
5. Yue M. Residual NMP and Its Impacts on Performance of Lithium-Ion Cells/ M. Yue S. Azam N. Zhang J. R. Dahn // Journal of the electrochemical society. – 2024. – Vol. 171. – N 5. – P. 12-20.
6. Srinivasan S. Sustainable lithium-ion battery recycling: A review on technologies, regulatory approaches and future trends/ S. Srinivasan S. Shanthakumar B. Ashok // Energy Reports. – 2025. – Vol. 1. – N 13. – P. 789–812.
7. URL:https://english.mee.gov.cn/Resources/standards/Air_Environment/Emission_standard1/201605/t20160511_337505.shtml
8. Liu S. Engineering design and operation of lithium battery wastewater treatment with PAC-PAM coagulation/ S. Liu // Environmental Engineering. – 2025. – Vol. 43. – N 7. – P. 112–118.
9. Ullah M. Sustainable Wastewater Treatment in Lithium-Ion Battery Recycling: Processes, Challenges, and Innovations/ M. Ullah H. Shalchian T. Younas. F. Veglio // Process Safety and Environmental Protection. – 2025. – Vol. 43. – N 202.
10. Лю Сюэлян Исследование усовершенствованного типа тонкослойного модуля / Сюэлян Лю, Федоров С.В., Верхотуров В.П.// Вестник гражданских инженеров. – 2023. – Vol. 5. – N 94. – P. 83–90.
11. Фрог Д. Б. Классификаторы тонкослойных модулей для наружных сетей водоснабжения. Методическое пособие/ Д. Б. Фрог. – Москва: НИИСФ РААСН, 2015. – 47с.
12. URL:http://www.biocarriers.com/index.php?m=Product&a=detail&classid=53&id=56.

Testing new thin-layer module designs for wastewater treatment at a lithium-ion battery manufacturing facility

Liu Xueliang, Fedorov S.V.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article presents a case study on wastewater treatment at a lithium-ion battery manufacturing facility in Henan Province, China, using two improved thin-layer module designs. This study analyzed the causes of increased suspended solids concentrations in wastewater that arose at the facility after a process change. An experiment using the two new module types in settling tanks yielded data on the effectiveness of suspended solids removal and COD reduction in wastewater. Suspended solids removal efficiencies ranged from 82.9% to 89.7%. The wastewater treatment results confirmed the module's effective operation in real-world wastewater and the feasibility of applying these module designs in engineering practice.

Keywords: settling tank, thin-layer module, suspended solids, COD.

References

1. Yang W. Engineering design and operation of lithium battery wastewater treatment / W. Yang, G. Shi // Environmental Engineering. – 2025. – Vol. 43. – N 7. – P. 112-118.
2. Garcia, M. Design and operation of wastewater treatment project for lithium battery production/ M. Garcia // Industrial water treatment. – 2025. – Vol. 45. – N 3. – P. 206-211.
3. Liu S. Research progress of NCM ternary cathode materials for lithium-ion batteries/ S. Liu S. Luo Q. Sun Z. Shi // Materials Today Chemistry. – 2025. – Vol. 12. – N 1.
4. Zhang J. Study on the recovery of NMP waste liquid in lithium battery production by coupled pervaporation–adsorption process and evaluation of technical and economic performances/ J. Zhang He G. Wang Y. Zhao // Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2024. – Vol. 78. – N 1. – P. 45-52.
5. Yue M. Residual NMP and Its Impacts on Performance of Lithium-Ion Cells / M. Yue S. Azam N. Zhang J. R. Dahn // Journal of the electrochemical society. – 2024. – Vol. 171. – N 5. – P. 12-20.
6. Srinivasan S. Sustainable lithium-ion battery recycling: A review on technologies, regulatory approaches and future trends/ S. Srinivasan S. Shanthakumar B. Ashok // Energy Reports. – 2025. – Vol. 1. – N 13. – P. 789–812.
7. URL: https://english.mee.gov.cn/Resources/standards/Air_Environment/Emission_standard1/201605/t20160511_337505.shtml
8. Liu S. Engineering design and operation of lithium battery wastewater treatment with PAC-PAM coagulation/ S. Liu // Environmental Engineering. – 2025. – Vol. 43. – N 7. – P. 112–118.
9. Ullah M. Sustainable Wastewater Treatment in Lithium-Ion Battery Recycling: Processes, Challenges, and Innovations / M. Ullah H. Shalchian T. Younas. F. Veglio // Process Safety and Environmental Protection. – 2025. – Vol. 43. – N 202.
10. Liu Xueliang. Study of an improved type of thin-layer module / Liu Xueliang, S.V. Fedorov, V.P. Verkhoturov// Bulletin of civil engineers. – 2023. – Vol. 5. – N 94. – P. 83–90.
11. Frog D.B. Classifiers of thin-layer modules for external water supply networks. Methodological manual / D.B. Frog. – Moscow: NIISF RAASN, 2015. – 47 p.
12. URL: http://www.biocarriers.com/index.php?m=Product&a=detail&classid=53&id=56.

Обусловленность структуры многоуровневой компиляции внутренним представлением на примере JIT-компиляторов RyuJIT и HotSpot

Мухамедьяров Азат Азаматович
Разработчик информационных систем, ООО "Озон Технологии", azamukhamedyarov@gmail.com

Настоящий анализ посвящен вопросу связи между многоуровневой JIT-компиляции и используемым внутренним представлением в компиляторах на примере RyuJIT и HotSpot JIT. Автором подробно рассматриваются фазы преобразований байткода в машинный код в контексте используемых внутренних представлений. Устанавливаются сходства между RyuJIT и C1 в рамках последовательности преобразований и используемых алгоритмах, выявляются различия с компилятором C2. Подробно описываются архитектуры многоуровневой компиляции: градации, внедрение профилирования, стратегии использования нескольких компиляторов. Выявляется обусловленность использования двух разных компиляторов в HotSpot использованием внутреннего представления Sea of Nodes в C2.

Ключевые слова: JIT-компиляция, RyuJIT, HotSpot, internal representation, Sea of Nodes, C1, C2, tiered compilation.

Введение

JIT-компиляторы современных платформ достигают компромисса в вопросах скорости компиляции, оптимизации кода и быстродействия работы программы при запуске. JIT-компиляторы служат переходной точкой между Ahead-Of-Time (AOT) компиляцией и построчной интерпретации с использованием динамической генерации кода во время исполнения программы. Для достижения данных свойств может применяться tiered (многоуровневая) архитектура: композиция из нескольких уровней компиляций, отличающихся по степени оптимизации кода и скорости его генерации.

Многоуровневая архитектура, как правило, качественно различается между системами: вариации можно наблюдать в количествах уровней, стратегиях внедрения профилирования, используемых компиляторах. Одним из таких факторов может являться внутреннее представление (IR) компилятора, используемое в процессе преобразования байткода в машинный код.

Примерами систем, использующих многоуровневую компиляцию, являются: среда исполнения CLR и виртуальная машина HotSpot JVM. У обоих JIT-компиляторов систем есть два основных уровня компиляции: "быстрый" (tier 0 в RyuJIT и tier 1-3 в HotSpot), в котором делается ставка на скорость генерации кода, и "оптимизированный" (tier 1 в RyuJIT и tier 4 в HotSpot), где приоритет отдается быстродействию. Однако при наличии схожестей уровней компиляции, RyuJIT и HotSpot реализуют их разными способами: первый переиспользует один и тот же компилятор с вариацией фаз, а последний – два компилятора с разными формами внутреннего представления [10,11,12].

На примере двух данных компиляторов в работе рассматривается вопрос: как внутреннее представление может обуславливать структуру многоуровневой компиляции?

Анализ

Анализ предполагает рассмотрение архитектур многоуровневой компиляции RyuJIT и HotSpot, компиляторов, используемых в разных уровнях, и их цепочек фаз преобразований внутреннего представления. В качестве источников информации использовались: официальная документация .NET CLR, документация OpenJDK, исходный код в открытых репозиториях проектов и профильные статьи и блоги компаний.

Преобразования промежуточных форм

Как ранее упоминалось, RyuJIT переиспользует один и тот же компилятор как и в tier 0-1, так и в Ready-to-Run – предварительной AOT компиляции вместо tier 0 [6]. Преобразования данного компилятора от байткода до машинного кода описываются тремя последовательными стадиями в следующем порядке: подготовительная (Initial), оптимизационная (Optimization), генеративная (Back-end). В качестве IR используется CFG-структура, состоящая из двусвязного списка базовых блоков, в каждом из которых находится указатель на корень дерева выражений.

Подготовительная стадия преобразований нужна для парсинга и приведения IR к форме, подлежащей последующей оптимизации. Данная стадия включает в себя следующие фазы: парсинг байткода в деревья выражений, inlining вызовов методов, локализация оптимизаций, struct promotion, анализ потока управления и упорядочивание узлов деревьев выражений. Оптимизационная стадия начинается с перевода IR в SSA-форму, которая поддерживается на протяжении всей стадии оптимизации, затем происходят следующие оптимизации: работа с циклами (unrolling, hoisting, cloning), copy propagation и value numbering, common subexpression elimination, assertion propagation и range check elimination. Генеративная фаза приводит промежуточное представление в линейную форму, производит аллокацию регистров методом линейного сканирования и производит машинный код [10,11].

Клиентский (C1) компилятор в HotSpot, участвующий в tier 1-3, также использует последовательность: байткод – HIR – оптимизации – LIR – машинный код. IR представляет собой CFG-структуру, которая с момента построения находится в SSA форме, для аллокации регистров используется алгоритм линейного сканирования [5].

Серверный (C2) компилятор в HotSpot, участвующий в tier 4, качественно отличается от двух предыдущих компиляторов. В качестве IR используется Ideal HIR и CFG LIR. Ideal – промежуточное представление

на основе Sea of Nodes, являющегося единым графом данных и управления [8]. Ideal еще на этапе построения приводится в SSA-форму и преобразовывается под воздействием оптимизаций: peephole, value numbering, dead code elimination, constant-folding. Затем следуют итеративные фазы оптимизаций: global value numbering, оптимизации над циклами, conditional constant propagation, common subexpression elimination. После применения оптимизаций, происходит переход в LIR: граф перестраивается в базовые блоки, происходит аллокация регистров с помощью алгоритма раскраски графа, генерируется машинный код [13].

За счёт отсутствия базовых блоков и явного порядка исполнения кода, IR C2 перестраивает граф во время выполнения оптимизаций, повторяя этот процесс до сходимости в фиксированной точке. Состояние, при котором применение оптимизаций не вносит изменений в структуру графа, называется фиксированной точкой. В зависимости от подхода вводится предположение: либо предполагается пессимистичный вариант оптимизации, в котором компилятор ничего не знает о поведении элемента (bottom) во время выполнения, либо оптимистичный вариант, некоторый “идеальный элемент” (top). В случае начала с top-элемента при оптимизации графа могут появляться конфликты – противоречия при преобразованиях IR. Характерной чертой пессимистичного варианта является отсутствие конфликтов на каждой из итераций преобразования, в любой момент до достижения фиксированной точки состояние графа является корректным, но не оптимальным. Оптимистичный подход изначально предполагает top-элементы и итерацию до момента разрешения всех конфликтов и достижения фиксированной точки [3].

Отличительной особенностью Sea of Nodes является комбинация оптимизаций для достижения более оптимального решения. Идея состоит в том, что комбинация двух подходов может принести либо решение, эквивалентное применению двух оптимизаций независимо, либо более оптимальное решение. Данной особенностью обуславливается итеративный подход к оптимизациям – результаты одной оптимизации могут открыть путь к последующим [3].

На примере работы с IR прослеживается алгоритмическая разница: в RyuJIT и C1 компилятор оперирует независимыми фазами, результат преобразований которых напрямую зависит от состояния IR, переданного в фазу. Строгая структура HIR и быстрый алгоритм распределения регистров играют большую роль в минимизации задержек. В свою очередь C2 расширяет преобразования на комбинации нескольких типов оптимизаций, итерируясь до достижения фиксированной точки и применяя различные подходы с целью произвести максимально оптимизированный код.

Многоуровневая компиляция

В RyuJIT многоуровневая компиляция состоит из двух слоёв: tier 0 и tier 1. На “нулевом” уровне код либо быстро генерируется через tier 0 слой с применением минимального количества оптимизаций, либо изначально находится в скомпилированном состоянии, если была использована AOT-компиляция Ready-to-Run [4]. Через некоторое количество вызовов скомпилированного метода в него встраивается инструментирование для сбора данных о необходимости дальнейших оптимизаций. Если метод был вызван достаточно раз, то ставится задача на компиляцию в tier 1 – более оптимизированную версию кода [7].

Как было ранее описано, tier 0 и tier 1 используют один и тот же компилятор, но с разными параметрами оптимизаций. Разница между tier 0 и tier 1 в оптимизационном процессе состоит в основном из включения/выключения фаз оптимизаций. Так, в tier 0 отключено большинство из оптимизаций: построение SSA, value numbering, loop hoisting, copy propagation, CSE, range analysis. [1, строки 4699-4713]. Строгая последовательность фаз, параметризация интенсивности оптимизаций и включение/выключение фаз позволяют RyuJIT оставаться гибким компилятором, разрешающим компромисс между оптимизацией кода и скоростью его компиляции в рамках одного модуля.

В HotSpot весь процесс можно описать градацией из пяти уровней: 0 – интерпретатор, 1 – C1 компиляция без профилирования, 2 – C1 компиляция с ограниченным профилированием, 3 – C1 компиляция с полным профилированием, 4 – C2 компиляция без профилирования. Для каждого из компиляторов существует собственная очередь, куда отправляются запросы на генерацию. Решение в каком компиляторе генерируется код и степень его профилирования принимается не только от частоты вызовов метода, но и от общей загруженности очереди компиляции. Может быть принято решение временно скомпилировать горячий метод на более низком уровне для отключения профилирования или повысить пороги вызовов, необходимые для учёта метода как горячего [12].

Обусловленность использования C2 только на последнем уровне оптимизаций можно описать значительными издержками при компиляции кода: множество итеративных оптимизаций и более сложный (относительно используемого в RyuJIT и C1) алгоритм распределения регистров не подходят для быстрой компиляции на ранних стадиях работы приложения. Использование двух очередей помогает буферизировать нагрузку, перекладывая её часть на младший компилятор. При этом идея ускорить компиляцию кода в C2 с помощью сокращения оптимизаций не является целесообразной: Sea of Nodes не имеет неявного порядка как у CFG, на который можно опираться в стадии линеаризации, что делает последнюю дороже. К тому же отсутствие оптимизаций приводит к потенциально большему количеству вершин графа при переходе к LIR, что может критически сказаться на объёме используемой памяти и скорости компиляции.

Подтверждением издержек IR Sea of Nodes при компиляции является блог от разработчиков JIT-компилятора Turbofan для языка JavaScript. Автор описывает отказ от Sea of Nodes в Turbofan и приводит причины, по которым было принято данное решение. Некоторые их представленных причин дополняют тезис, представленный в данной статье: усложнение алгоритма планирования последовательности команд, сложность с поиском оптимального пути обхода графа при работе с вершинами и фрагментация графа в кэше [7].

Заключение

Таким образом можно сделать вывод об обусловленности внутренним представлением архитектур многоуровневой компиляции в RyuJIT и HotSpot. HotSpot вынужден использовать дополнительный легковесный компилятор, так как Sea of Nodes влечет за собой значительные издержки по скорости компиляции кода в сценариях, где необходимо быстро сгенерировать код с минимальным количеством оптимизаций. Аналогичное разделение компиляторов наблюдается и в JIT-компиляторе V8 (однако, стоит отметить, что легковесный компилятор Liftoff не использует внутренние представления) [2]. RyuJIT, за счёт последовательных оптимизаций CFG-структуры, может сокращать количество применяемых оптимизаций, напрямую влияя на баланс скорости компиляции кода и его оптимизации. При таком решении компромисса становится возможно использовать один и тот же компилятор на разных уровнях.

Литература

1. Исходный код RyuJIT // Dotnet Runtime. [Электронный ресурс] - URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/src/coreclr/jit/compiler.cpp (Дата обращения: 15.04.2026)
2. Backes C. Liftoff: a new baseline compiler for WebAssembly // V8 homepage. [Электронный ресурс]. – URL: https://v8.dev/blog/liftoff (Дата обращения: 15.04.2026)
3. Click N.C. Jr. Combining Analyses, Combining Optimizations. // PhD thesis. Rice University, Texas – 1995. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/profile/Cliff_Click/publication/2394127_Combining_Analyses_Combining_Optimizations/links/0a85e537233956f6dd000000.pdf (Дата обращения: 15.04.2026).
4. Dynamic PGO – Instrumented Tiers // Dotnet Runtime [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/features/DynamicPgo-InstrumentedTiers.md (Дата обращения: 15.04.2026)
5. Kotzmann T., Rodriguez T. Design of the Java HotSpot Client Compiler // Johannes Kepler University Linz, Sun Microsystems Inc. – 2008. [Электронный ресурс]. – URL: https://ssw.jku.at/Research/Papers/Ko08/Ko08.pdf
6. Managed Executables with Native Code // Dotnet Runtime. [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/coreclr/botr/readytorun-overview.md (Дата обращения: 15.04.2026)
7. Mercadier D. Land Ahoy: leaving the Sea of Nodes // V8 homepage. [Электронный ресурс]. – URL: https://v8.dev/blog/leaving-the-sea-of-nodes (Дата обращения: 15.04.2026)
8. OpenJDK Wiki. Overview of Ideal, C2's high level intermediate representation // OpenJDK Wiki. [Электронный ресурс]. – URL: https://wiki.openjdk.org/spaces/HotSpot/pages/11829274/Overview+of+Ideal+C2+s+high+level+intermediate+representation (Дата обращения: 15.04.2026)
9. Runtime configuration options for compilation // Microsoft Learn. [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/core/runtime-config/compilation (Дата обращения: 15.04.2026)
10. RyuJIT Overview // Dotnet Runtime. [Электронный ресурс]. – URL:

https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/coreclr/jit/ryujit-tutorial.md (Дата обращения: 15.04.2026)

11. RyuJIT Tutorial // Dotnet Runtime. [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/coreclr/jit/ryujit-tutorial.md (Дата обращения: 15.04.2026)

12. Soares. C. How tiered compilation works in OpenJDK. // Microsoft Developer Blogs – 2023. [Электронный ресурс]. – URL: https://devblogs.microsoft.com/java/how-tiered-compilation-works-in-openjdk/ (Дата обращения: 15.04.2026)

13. Würthinger T. Visualization of Program Dependence Graphs // Johannes Kepler University Linz – 2007. [Электронный ресурс]. – URL: https://ssw.jku.at/Research/Papers/Wuerthinger07Master/Wuerthinger07Master.pdf (Дата обращения: 15.04.2026)

Dependence of the Multi-Level Compilation Structure on Internal Representation: An Example of the RyuJIT and HotSpot JIT Compilers

Mukhamedyarov A.A.
Ozon Technologies LLC

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This analysis examines the relationship between tiered just-in-time (JIT) compilation and the internal representation used in compilers, using RyuJIT and HotSpot JIT as examples. The author examines in detail the phases of bytecode-to-machine code transformations in the context of their internal representations. Similarities between RyuJIT and C1 in terms of the transformation sequence and algorithms used are identified, and differences with the C2 compiler are highlighted. Tiered compilation architectures are described in detail: gradations, profiling implementation, and strategies for using multiple compilers. The use of two different compilers in HotSpot is determined to be dependent on the use of the Sea of Nodes internal representation in C2.

Keywords: JIT compilation, RyuJIT, HotSpot, internal representation, Sea of Nodes, C1, C2, tiered compilation.

References

1. RyuJIT Source Code // Dotnet Runtime. [Electronic resource] - URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/src/coreclr/jit/compiler.cpp (Accessed: 15.04.2026)
2. Backes C. Liftoff: a new baseline compiler for WebAssembly // V8 homepage. [Electronic resource]. - URL: https://v8.dev/blog/liftoff (Accessed: 15.04.2026)
3. Click N.C. Jr. Combining Analyses, Combining Optimizations. // PhD thesis. Rice University, Texas - 1995. [Electronic resource]. – URL: https://www.researchgate.net/profile/Cliff_Click/publication/2394127_Combining_Analyses_Combining_Optimizations/links/0a85e537233956f6dd000000.pdf (Accessed: 15.04.2026).
4. Dynamic PGO – Instrumented Tiers // Dotnet Runtime [Electronic resource]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/features/DynamicPgo-InstrumentedTiers.md (Accessed: 15.04.2026)
5. Kotzmann T., Rodriguez T. Design of the Java HotSpot Client Compiler // Johannes Kepler University Linz, Sun Microsystems Inc. – 2008. [Electronic resource]. – URL: https://ssw.jku.at/Research/Papers/Ko08/Ko08.pdf
6. Managed Executables with Native Code // Dotnet Runtime. [Electronic resource]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/coreclr/botr/readytorun-overview.md (Accessed: 15.04.2026)
7. Mercadier D. Land Ahoy: leaving the Sea of Nodes // V8 homepage. [Electronic resource]. – URL: https://v8.dev/blog/leaving-the-sea-of-nodes (Accessed: 15.04.2026)
8. OpenJDK Wiki. Overview of Ideal, C2's high-level intermediate representation // OpenJDK Wiki. [Electronic resource]. – URL: https://wiki.openjdk.org/spaces/HotSpot/pages/11829274/Overview+of+Ideal+C2+s+high+level+intermediate+representation (Accessed: 15.04.2026)
9. Runtime configuration options for compilation // Microsoft Learn. [Electronic resource]. – URL: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/core/runtime-config/compilation (Accessed: 15.04.2026)
10. RyuJIT Overview // Dotnet Runtime. [Electronic resource]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/coreclr/jit/ryujit-tutorial.md (Accessed: 15.04.2026)
11. RyuJIT Tutorial // Dotnet Runtime. [Electronic resource]. – URL: https://github.com/dotnet/runtime/blob/main/docs/design/coreclr/jit/ryujit-tutorial.md (Accessed: 15.04.2026)
12. Soares. C. How tiered compilation works in OpenJDK. // Microsoft Developer Blogs – 2023. [Electronic resource]. – URL: https://devblogs.microsoft.com/java/how-tiered-compilation-works-in-openjdk/ (Accessed: 15.04.2026)
13. Würthinger T. Visualization of Program Dependence Graphs // Johannes Kepler University Linz – 2007. [Electronic resource]. – URL: https://ssw.jku.at/Research/Papers/Wuerthinger07Master/Wuerthinger07Master.pdf (Accessed: 15.04.2026)

Методика расчёта напряжённого состояния и оценки ресурса нервюры руля направления из композиционных материалов

Олимов Бузургмехр Аловиддинович
магистрант, кафедра «Самолетостроение», Ульяновский государственный технический университет, olimov1441991@gmail.com,

Кошкина Анастасия Олеговна
канд. техн. наук, доцент кафедры «Самолетостроение», Ульяновский государственный технический университет, fallen0008@mail.ru

В работе разработана методика оценки напряжённо-деформированного состояния и прогнозирования ресурса нервюры руля направления при замене традиционного алюминиевого сплава Д16Т на композиционный материал ACM102C130UD. Проведено, конечно-элементное моделирование конструкции с учётом реальной схемы закрепления и аэродинамического нагружения. Выполнена оценка коэффициентов запаса прочности и остаточного ресурса при наличии эксплуатационной дефектации (D = 0,75). Предложенная методика может быть использована при проектировании и модернизации элементов оперения летательных аппаратов.

Ключевые слова: Нервюра руля направления, композиционный материал, алюминиевый сплав, конечно-элементный анализ, прочность, ресурс, долговечность, снижение массы.

Введение

Одной из приоритетных задач современной авиационной техники является повышение надёжности конструкционных элементов и увеличение их эксплуатационного ресурса, поскольку эксплуатация воздушных судов связана с циклическими нагрузками, коррозионными процессами и повышенными требованиями к безопасности полётов [4, 5]. Особое внимание уделяется элементам оперения, таким как нервюры руля направления, которые испытывают значительные аэродинамические и инерционные нагрузки [10, 12].

Традиционно такие детали изготавливаются из алюминиевых сплавов (например, Д16Т), обладающих хорошей прочностью, жёсткостью и технологичностью [8]. Однако использование металлических сплавов накладывает ограничения на снижение массы конструкции, что напрямую влияет на аэродинамику и экономическую эффективность воздушного судна [6]. В последние годы наблюдается устойчивый тренд перехода к применению композиционных материалов (КМ) – углепластиков, стеклопластиков и органопластиков [1, 3]. Эти материалы обладают высокой удельной прочностью, малой плотностью, устойчивостью к усталости и коррозии, что делает их особенно перспективными для изготовления элементов оперения, включая нервюры рулей направления [9, 11].

Разработка эффективной методики оценки напряжённого состояния и остаточного ресурса нервюры руля направления становится особенно актуальной в контексте перехода на композиционные материалы. Такая методика должна учитывать: геометрию элемента, схемы закрепления, аэродинамическую нагрузку, свойства материалов (изотропных для алюминия и ортотропных для КМ), а также наличие дефектов и циклического нагружения.

Цель работы – разработка методики расчёта напряжённого состояния, оценки ресурса и экономической эффективности нервюры руля направления при применении композиционного материала ACM102C130UD вместо алюминиевого сплава Д16Т.

Постановка задач

Объект исследования – нервюра руля направления самолёта, работающая в составе силового набора.

Рассматриваются два варианта материала:

– Д16Т: алюминиевый сплав, изотропный;

– ACM102C130UD: композиционный материал, квазиизотропный.

Оценка остаточного ресурса проводится с учётом коэффициента дефектации D = 0,75.

Задачи:

– определить напряжённое состояние и коэффициенты запаса прочности;

– оценить назначенный и остаточный ресурс;

– рассчитать снижение массы и влияние на эксплуатационную эффективность.

Методика расчёта

Конечно-элементная модель: расчёт напряжённо-деформированного состояния нервюры руля направления выполнен в трёхмерной постановке методом конечных элементов на программе Siemens NX Unigraphics [2, 7].

Геометрическая модель сформирована на основе конструкторской 3D-модели нервюры с сохранением реальных:

– контуров профиля;

– технологических вырезов;

– отверстий и крепёжных элементов.

Дискретизация выполнена объёмными тетраэдральными конечными элементами. В зонах возможной концентрации напряжений (отверстия, радиусные переходы, узлы крепления) произведено локальное сгущение сетки. Корректность модели подтверждена анализом сходимости решения при изменении размера конечного элемента.

Моделирование материалов и определение нагрузок

Для алюминиевого сплава Д16Т использована изотропная линейно-упругая модель материала; для композиционного материала ACM102C130UD применена квазиизотропная модель упругости, учитывающая:

– модуль упругости вдоль волокон;

– модуль упругости поперёк волокон;

– модуль сдвига;
– коэффициенты Пуассона;
– предельные напряжения по главным направлениям армирования.

Нагрузка на нервюру формируется на основе аэродинамического перепада давления, действующего на поверхность руля направления при расчётном режиме полёта [12].

Динамическое давление определяется выражением:

$P = \frac{1}{2}\rho V^2$, (1)

где ρ – плотность воздуха на расчётной высоте; V – скорость полёта.

Перепад давления определяется с учётом коэффициента аэродинамической эффективности:

$\Delta P = q \times C_L$, (2)

Статистическое давление $P_{\text{статическое}}$ на высоте определяется с помощью формулы Международной стандартной атмосферы:

$P_h = P_o \left(1 + \frac{L \times h}{T_o}\right)^{-\frac{g \times M}{R \times L}}$, (3)

Распределенное давление и давление сторон определяются выражениями:

$P_{\text{сторона}} = P_{\text{статическое}} \pm \Delta P_{\text{ср}}$, (4)

$P_{\text{расп}} = P_{\text{ст1}} - P_{\text{ст2}}$, (5)

Полученное давление прикладывается к поверхности нервюры в виде распределённой нагрузки, передаваемой от обшивки.

Граничные условия**:** закрепление нервюры моделируется в зонах её сопряжения с силовыми элементами конструкции:

– запрещаются линейные перемещения в направлениях координатных осей;
– обеспечивается корректная передача реакций в узлах крепления;

Реакции опор анализируются для проверки адекватности нагружения и устойчивости расчётной схемы.

Определение напряжённо-деформированного состояния и оценка снижения массы конструкции

Расчёт выполняется для двух вариантов материала нервюры – алюминиевого сплава Д16Т и композиционного материала ACM102C130UD – при идентичной геометрии модели, схеме закрепления и аэродинамическом нагружении.

Сравнительная оценка включает:
– перемещения конструкции;
– назначенный и остаточный ресурс;
– реакции в узлах крепления.

Порядок расчёта одинаков для обоих вариантов, что обеспечивает количественное сопоставление влияния анизотропии и повышенной удельной прочности композитного материала на перераспределение напряжений, характер концентрации в зонах техноло-гических вырезов и сопряжений, а также на изменение силового потока в конструкции нервюры.

Особое внимание уделяется локальным концентраторам напряжений, где различие в механических свойствах материалов проявляется наиболее существенно. Это позволяет выявить, насколько замена материала влияет не только на величины напряжений, но и на их распределение по объёму нервюры.

Сравнение масс выполняется при сохранении неизменной геометрии конструкции, что обеспечивает корректность оценки эффекта замены материала.

Уменьшение массы рассматривается как один из критериев эффективности применения композиционного материала и учитывается при комплексной оценке:
– уменьшения инерционных нагрузок;
– снижения изгибающих моментов и других статических и динамических воздействий;
– повышения динамической чувствительности руля направления;
– увеличения эксплуатационного ресурса за счёт уменьшения уровня рабочих напряжений.

Оценка назначенного и остаточного ресурса

Оценка ресурса нервюры руля направления выполняется на основе расчёта уста-лостной долговечности при циклическом аэродинамическом нагружении [4, 8].

Для материалов оценка назначенного ресурса производится так:

$N_{\text{наз},Al} = N_O \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\text{раб}}}\right)^m$; (6)

где σ_{-1} – допустимое эквивалентного напряжения; N_O– число циклов до разрушения; m – параметры усталостной кривой материала; $\sigma_{\text{раб}}$ – рабочее напряжение, полученное в результате конечно-элементного расчёта.

Оценка остаточного ресурса определяется с учётом коэффициента дефектации [5]:

$N_{\text{ост}} = N_{\text{назн}} \times (1 - D)$; (7)

где D = 0,75 – коэффициент дефектации, учитывающий наличие эксплуатационных повреждений (микротрещины, расслоения, коррозионные дефекты).

Снижение уровня рабочих напряжений при применении композиционного материала приводит к увеличению назначенного ресурса и, соответственно, к пропорциональному увеличению остаточного ресурса.

Таким образом, методика охватывает не только анализ прочности и ресурса, но и комплексную оценку конструктивно-эксплуатационной эффективности перехода от металлического материала к композиционному.

Результаты расчёта

Результаты расчёта напряжений для материалов приведены на рисунках 1–4:

– для алюминиевого сплава Д16Т:

Рис. 1. Результаты максимального напряжения для сплава Д16Т

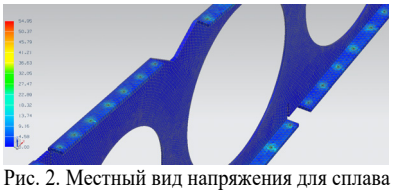


Рис. 2. Местный вид напряжения для сплава Д16Т

– для композиционного материала ACM102C130UD:

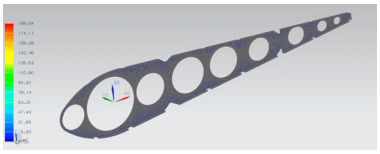


Рис. 3. Результаты максимального напряжения для композиционного материала ACM102C130UD

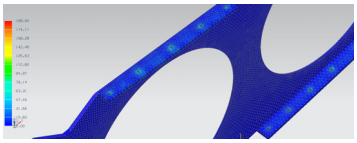


Рис. 4. Местный вид напряжения для композиционного материала ACM102C130UD

Из результата видно, что напряжение на композиционный материал составляет 189,94 Н/мм^2 вдоль волокон, а на алюминиевый сплав 54,95 Н/мм^2.

На рисунках 5–8 представлены результаты перемещения для материалов:

– для дюралюминия Д16Т:

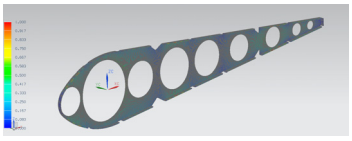


Рис. 5. Результаты максимального перемещения для сплава Д16Т

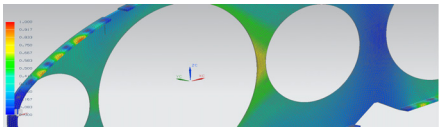


Рис. 6. Местный вид перемещения для сплава Д16Т

– для композиционного материала ACM102C130UD:

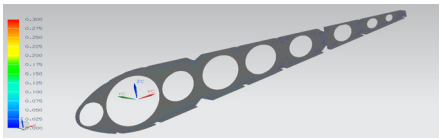


Рис. 7. Результаты максимального перемещения для композиционного материала ACM102C130UD

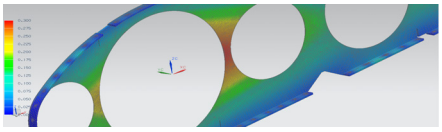


Рис. 8. Местный вид перемещения для композиционного материала ACM102C130UD

Результаты перемещение показывает, что перемещение на композиционный материал составляет 0,3 мм, а на алюминиевый сплав 1 мм.

На рисунках 9–12 показаны результаты силы реакции для каждого материала:

– для алюминиевого Д16Т:

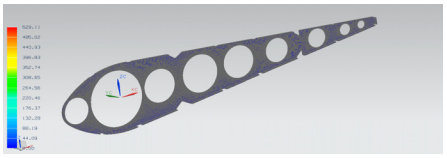


Рис. 9. Результаты максимальной силы реакции для сплава Д16Т

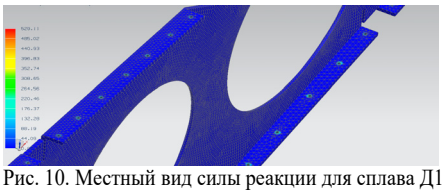


Рис. 10. Местный вид силы реакции для сплава Д16Т

– для композиционного материала ACM102C130UD:

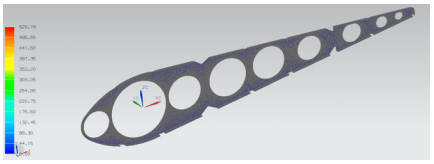


Рис. 11. Результаты максимальной силы реакции для композиционного материала ACM102C130UD

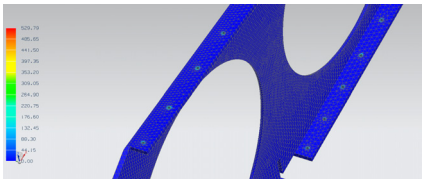


Рис. 12. Местный вид силы реакции для композиционного материала ACM102C130UD

Результаты снижение массы нервюры показаны на рисунках 13–14: массу нервюры можно получить из программы Siemens NX Unigraphics:

Рис. 13. Масса нервюры из сплава Д16Т

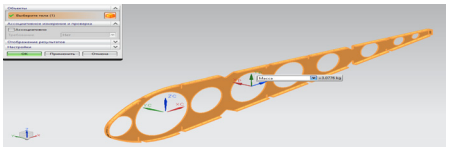


Рис. 14. Масса нервюры из композиционного материала ACM102C130UD

Масса нервюры из алюминиевого сплава (Д16Т) составляет 5,1995 кг, а масса из композиционного материала (ACM102C130UD) 3,0776 кг.

Следовательно, снижение массы составляет:

$5{,}1995 - 3{,}0776 = 2{,}1219$ кг $\approx 2{,}12$ кг ;

Снижение массы конструкции рассматривается как один из критериев эффективности применения композиционного материала и учитывается при комплексной оценке [6]:

– уменьшения инерционных нагрузок;

– снижения изгибающих моментов;

– повышения динамической чувствительности руля направления;

– увеличения эксплуатационного ресурса за счёт уменьшения уровня рабочих напряжений.

Давление, приложенное на 3D-модель: по результатам расчета $P_{дин} = 12\,940$ Па; $\Delta P_{ср} = 12\,940 \times 1 = 12\,940$ Па; $P_{статическое} = 26\,860$ Па; $P_{ст1} = 39440$ Па; $P_{ст2} = 13560$ Па; $P_{расп} = 39440$ Па $- 13560$ Па $= 25880$ Па $\approx 0{,}0258$ Н/мм^2.

Результаты назначенного и остаточного ресурса:

– алюминиевый сплав Д16Т: по результатам конечно-элементного анализа $\sigma_{раб}$ =54,95 Мпа; $N_O = 25000$ циклов; $\sigma_{-1} = 120$ Мпа; показатель степени усталостной кривой m = 5.

$N_{наз,Al} = 1{,}24 \cdot 10^6$ циклов;

$N_{ост,Al} \approx 3{,}1 \cdot 10^5$ циклов;

– композиционный материал ACM102C130UD: по результатам конечно-элементного анализа $\sigma_{раб}$ =189,94 Мпа; $N_O = 25000$ циклов; $\sigma_{-1} = 450$ Мпа; показатель степени усталостной кривой m = 6 (для композита вдоль волокон).

$N_{наз,КМ} = 4{,}42 * 10^6$ циклов;

$N_{ост,КМ} \approx 1{,}11 * 10^6$ циклов;

Сравнительная оценка:

$$\frac{N_{ост,КМ}}{N_{ост,Al}} = \frac{1{,}11 \cdot 10^6}{3{,}1 \cdot 10^5} \approx 3{,}5 ;$$

Вывод: остаточный ресурс композиционного материала почти в 3,5 раза выше, чем у алюминиевого аналога.

Обсуждение результатов

Проведённый сравнительный анализ показал, что при сохранении неизменной геометрии конструкции и схемы нагружения применение композиционного материала ACM102C130UD приводит к перераспределению напряжённого состояния нервюры. Несмотря на более высокие локальные продольные напряжения в направлении армирования, композиционный материал обладает существенно большей удельной прочностью и жёсткостью, что подтверждается:

– снижением максимальных перемещений более чем в 3 раза;

– уменьшением массы конструкции на 40 %;

– снижением инерционных нагрузок.

Анализ концентраций напряжений в зонах отверстий и сопряжений показал, что квазиизотропия композита способствует более благоприятному перераспределению силового потока при условии рациональной ориентации волокон [3, 9, 11].

Расчёт ресурса показал, что снижение рабочего уровня напряжений в сочетании с высокой усталостной стойкостью композита обеспечивает увеличение назначенного ресурса по сравнению с алюминиевым сплавом. С учётом коэффициента дефектации D = 0,75 остаточный ресурс композиционного варианта остаётся выше, чем у алюминиевого аналога.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем:

– разработана комплексная методика расчёта напряжённого состояния и оценки назначенного и остаточного ресурса нервюры руля направления при замене изотропного алюминиевого сплава Д16Т на квазиизотропный композиционный материал ACM102C130UD с учётом реальной схемы закрепления и аэродинамического нагружения.

– предложен единый алгоритм сравнительной оценки прочности и долговечности алюминиевого сплава и композиционного варианта конструкции на основе сочетания: конечно-элементного моделирования;

различных критериев прочности; учёта коэффициента дефектации при определении остаточного ресурса.

– установлены количественные закономерности перераспределения напряжений и изменения жёсткостных характеристик нервюры при переходе к композиционному материалу, что позволяет обоснованно прогнозировать повышение ресурса при одновременном снижении массы конструкции.

– получена комплексная оценка конструктивной и эксплуатационной эффективности применения композиционного материала, учитывающая не только прочностные характеристики, но и влияние снижения массы на инерционные нагрузки и долговечность элемента оперения.

Заключение

В работе разработана и апробирована методика расчёта напряжённого состояния, оценки назначенного и остаточного ресурса нервюры руля направления при замене алюминиевого сплава Д16Т на композиционный материал ACM102C130UD. Разработанная методика базируется на трёхмерном конечно-элементном анализе конструкции с учётом её реальной геометрии, граничных условий закрепления и аэродинамического нагружения, а также на использовании адекватных критериев прочности для материалов с изотропными и квазиизотропными механическими свойствами.

Проведённый сравнительный анализ показал, что применение композиционного материала обеспечивает существенное снижение массы конструкции при одновременном уменьшении максимальных перемещений и перераспределении напряжений в наиболее нагруженных зонах. Установлено, что квазиизотропные свойства композита позволяют более эффективно воспринимать эксплуатационные нагрузки при рациональной ориентации армирующих волокон.

Литература

1. Анисимов В. И., Козлов А. С. Применение композиционных материалов в авиационных конструкциях // Авиационные материалы и технологии. – 2022. – № 3. – С. 5-14.
2. Белов В. В., Сорокин И. А. Анализ напряжённо-деформированного состояния элементов авиационных конструкций методом конечных элементов // Вестник МАИ. – 2021. – Т. 28, № 4. – С. 45-53.
3. Васильев В. В., Морозов Е. В. Механика конструкций из композиционных материалов. – М.: Юрайт, 2021. – 512 с.
4. Гусев А. С., Тарасов А. Н. Расчёт усталостной долговечности авиационных конструкций при циклическом нагружении // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2023. – № 2. – С. 37-44.
5. Дьяконов А. А., Лебедев С. Н. Прогнозирование остаточного ресурса авиационных конструкций с учётом дефектации // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. — 2022. – Т. 21, № 3. – С. 52-60.
6. Кравченко И. В., Панфилов С. Ю. Оценка влияния снижения массы конструкций на эксплуатационные характеристики летательных аппаратов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2020. – № 5. – С. 88-96.
7. Кузнецов А. В., Миронов Д. П. Численные методы расчёта авиационных конструкций в среде Siemens NX // Современные наукоёмкие технологии. – 2021. – № 9. – С. 73-79.
8. Лысенко Н. А., Петров В. И. Усталостная прочность алюминиевых сплавов, применяемых в авиации // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2020. – № 11. – С. 18-24.
9. Романенко П. А., Ефимов Д. В. Моделирование ортотропных материалов в расчётах элементов авиационных конструкций // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2023. – № 1. – С. 63-71.
10. Соколов М. Ю., Баранов К. А. Методика расчёта напряжённого состояния элементов оперения летательных аппаратов // Труды ЦАГИ. – 2021. – № 2718. – С. 45-56.
11. Степанов Р. Н., Глухов А. В. Применение критериев прочности для оценки работоспособности композитных конструкций // Композиты и наноструктуры. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 56-64.
12. Фёдоров В. А., Ильин С. Г. Аэродинамические нагрузки на элементы оперения самолёта среднемагистрального класса // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2020. – № 6. – С. 102–110.

Methodology for calculating the stress state and estimating the resource of a rudder rib made of composite materials

Olimov B.A., Koshkina A.O.
Ulyanovsk State Technical University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This paper develops a methodology for assessing the stress-strain state and predicting the service life of a rudder rib when replacing traditional D16T aluminum alloy with ACM102C130UD composite material. Finite element modeling of the structure was conducted, taking into account the actual fastening scheme and aerodynamic loading. Safety factors and residual service life were estimated in the presence of operational defects (D = 0,75). The proposed methodology can be used in the design and modernization of aircraft empennage components.

Keywords: Rudder rib, composite material, aluminum alloy, finite element analysis, strength, resource, durability, weight reduction.

References

1. Anisimov V. I., Kozlov A. S. Application of composite materials in aircraft structures // Aviation materials and technologies. - 2022. - No. 3. - P. 5-14.
2. Belov V. V., Sorokin I. A. Analysis of the stress-strain state of aircraft structure elements by the finite element method // Bulletin of MAI. - 2021. - Vol. 28, No. 4. - P. 45-53.
3. Vasiliev V. V., Morozov E. V. Mechanics of composite material structures. - Moscow: Yurait, 2021. - 512 p.
4. Gusev A. S., Tarasov A. N. Calculation of fatigue life of aircraft structures under cyclic loading // Problems of mechanical engineering and automation. – 2023. – No. 2. – P. 37-44.
5. Dyakonov A. A., Lebedev S. N. Forecasting the Remaining Service Life of Aircraft Structures Taking into Account Defect Detection // Bulletin of Samara University. Aerospace Engineering, Technology and Mechanical Engineering. - 2022. - Vol. 21, No. 3. – P. 52-60.
6. Kravchenko I. V., Panfilov S. Yu. Assessing the Impact of Structural Weight Reduction on Aircraft Performance // Aviation and Space Engineering and Technology. – 2020. – No. 5. – P. 88-96.
7. Kuznetsov A. V., Mironov D. P. Numerical Methods for Calculating Aircraft Structures in the Siemens NX Environment // Modern Science-Intensive Technologies. – 2021. – No. 9. – P. 73-79.
8. Lysenko N. A., Petrov V. I. Fatigue strength of aluminum alloys used in aviation // Metallurgy and heat treatment of metals. – 2020. – No. 11. – P. 18-24.
9. Romanenko P. A., Efimov D. V. Modeling of orthotropic materials in calculations of aircraft structure elements // Bulletin of higher educational institutions. Aviation engineering. – 2023. – No. 1. – P. 63-71.
10. Sokolov M. Yu., Baranov K. A. Methodology for calculating the stress state of aircraft empennage elements // Transactions of TsAGI. –2021. – No. 2718. – P. 45-56.
11. Stepanov R. N., Glukhov A. V. Application of strength criteria for assessing the performance of composite structures // Composites and Nanostructures. - 2022. - Vol. 14, No. 4. - Pp. 56-64.
12. Fedorov V. A., Ilyin S. G. Aerodynamic loads on the empennage elements of a medium-haul aircraft // Bulletin of Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering. - 2020. - No. 6. - Pp. 102-110.

Система проверки и учета работ по линейной алгебре

Аман Елена Эдуардовна
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, anhelena7@gmail.com,

Пушкина Вера Павловна
кандидат экономических наук, доцент кафедры высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, vera150465@yandex.ru,

Титов Вадим Евгеньевич
старший преподаватель, кафедра высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, vadimtitov460@gmail.com

В статье рассматривается программный комплекс для автоматизированной проверки и учета результатов самостоятельных работ по линейной алгебре. Основное внимание уделяется задачам решения систем линейных алгебраических уравнений, поскольку данный тип заданий широко используется при контроле знаний студентов и требует проверки как итогового ответа, так и корректности выполненных преобразований. Предлагаемая система сочетает распознавание рукописного ввода, обработку стандартизированного бланка, математическую верификацию ответа и автоматическое занесение результатов в общую таблицу. В отличие от решений, ориентированных только на проверку отдельной работы, рассматриваемый программный комплекс дополнен модулем учета, позволяющим фиксировать номер работы, группу, ФИО студента и полученные баллы. Такая доработка делает систему более удобной для применения в учебном процессе, так как преподаватель получает не только результат проверки конкретного листа, но и сводную базу данных по группе. Использование программного комплекса позволяет снизить объем ручной работы, повысить единообразие оценивания и упростить организацию контроля знаний студентов.
Ключевые слова: линейная алгебра, СЛАУ, автоматизированная проверка, рукописный ввод, искусственный интеллект, база данных, учет результатов, образовательные технологии.

Введение

Проверка самостоятельных работ по линейной алгебре является важной частью учебного процесса, однако при большом количестве студентов она требует значительных временных затрат. Преподавателю необходимо просмотреть каждую работу, определить правильность решения, проверить итоговый ответ, выставить баллы и затем перенести результаты в журнал или ведомость. Особенно трудоемкой является проверка заданий на решение систем линейных алгебраических уравнений, так как в них требуется учитывать не только конечный результат, но и корректность применения метода решения, выполнение преобразований и правильную интерпретацию полученного ответа [4, 9].

В традиционной форме такая проверка выполняется вручную. Это позволяет преподавателю учитывать особенности решения каждого студента, но одновременно приводит к большой повторяемости действий. При проверке однотипных заданий преподаватель многократно выполняет одни и те же операции: ищет итоговый ответ на листе, сверяет его с правильным результатом, оценивает работу и фиксирует балл. При массовом обучении подобная процедура становится не только трудоемкой, но и подверженной техническим ошибкам, связанным с переносом данных, невнимательностью или неоднозначностью рукописной записи [3, 9].

Дополнительная сложность связана с тем, что самостоятельные работы часто выполняются в рукописном виде. Рукописные математические записи отличаются высокой вариативностью: студенты по-разному записывают дроби, индексы, знаки операций, матрицы и системы уравнений. Кроме того, на качество автоматической обработки влияют наклон листа, освещенность, размытость изображения, исправления, перечеркнутые элементы и наличие нескольких вариантов решения на одном листе [5, 6]. Поэтому программный комплекс, предназначенный для автоматической проверки, должен учитывать не только математическую сторону задачи, но и особенности обработки рукописного документа.

Одним из способов повышения надежности такой системы является использование стандартизированного бланка самостоятельной работы. Если на листе заранее выделены зоны для номера работы, группы, ФИО студента, хода решения и итогового ответа, система получает устойчивую структуру для анализа изображения. Это позволяет снизить неопределенность при распознавании и сделать процедуру проверки более воспроизводимой [1, 5, 6].

При этом для практического применения в учебном процессе недостаточно только проверить отдельную работу. Преподавателю важно видеть результаты всей группы, понимать, кто уже выполнил задание, какой балл получил каждый студент и какие работы требуют повторного просмотра. Поэтому актуальной задачей является дополнение системы проверки модулем учета результатов. В этом случае программный комплекс становится не только средством автоматизированной проверки, но и инструментом организации данных по учебной группе [3, 9].

Целью работы является описание программного комплекса для автоматизированной проверки самостоятельных работ по линейной алгебре и учета результатов в виде общей таблицы. Основное внимание уделяется структуре системы, особенностям математической проверки, интерфейсу программы и роли базы данных результатов в организации учебного процесса.

Структура и логика работы программного комплекса

Программный комплекс предназначен для обработки самостоятельных работ по теме решения систем линейных алгебраических уравнений. Его работа строится как последовательность нескольких взаимосвязанных этапов: загрузка изображения, выделение значимых областей бланка, распознавание данных, математическая проверка ответа, начисление баллов и сохранение результата в общей таблице. Такая структура позволяет разделить задачи распознавания, проверки и учета, что повышает надежность системы и делает ее более удобной для преподавателя [1, 5, 6].

На первом этапе пользователь загружает изображение самостоятельной работы. Это может быть сканированный лист или фотография, сделанная с соблюдением минимальных требований к качеству. После загрузки изображение отображается в интерфейсе программы, что позволяет преподавателю визуально контролировать исходный материал. Данный этап важен, поскольку автоматизированная проверка не должна исключать возможность ручного контроля: преподаватель должен видеть, какую именно работу обрабатывает система [1, 8].

На втором этапе выполняется обработка изображения. Программа выделяет основные зоны бланка: область с номером самостоятельной работы, поле группы, поле ФИО, основную область решения и строку итогового ответа. Если бланк имеет устойчивую структуру, система может заранее использовать известное расположение этих зон. Это снижает зависимость проверки от индивидуального оформления работы студентом и уменьшает вероятность того, что черновые записи будут ошибочно приняты за окончательный ответ [5, 6].

На третьем этапе выполняется распознавание данных. Из идентификационных полей извлекаются номер работы, группа и ФИО студента. Из нижней строки или специально выделенной области извлекается итоговый ответ. При этом распознавание рукописного текста и математических выражений не должно рассматриваться как единственный источник решения. Интеллектуальный модуль отвечает за чтение и структурирование информации, но окончательное суждение о правильности ответа должно приниматься на основе математических алгоритмов [2, 5, 7].

На четвертом этапе проводится проверка решения. Если система распознала значения неизвестных, они подставляются в исходную систему уравнений. Это позволяет формально определить, удовлетворяет ли найденный вектор решению заданной системы. Такой подход особенно важен для линейной алгебры, где правильность ответа может быть проверена не только сравнением с эталоном, но и непосредственной математической верификацией [1].

Завершающим этапом является занесение результата в базу данных. После проверки система формирует запись, содержащую номер работы, группу, ФИО студента и полученные баллы. Эта запись отображается в нижней таблице интерфейса. Благодаря этому преподаватель получает не только результат текущей проверки, но и общий список уже обработанных работ [3, 9].

Математическая проверка ответа

Математическая проверка является ключевым элементом программного комплекса, поскольку именно она обеспечивает объективность итоговой оценки. Распознавание рукописного ответа может содержать вероятностный компонент, однако сама проверка правильности должна выполняться формально. Это позволяет избежать ситуации, при которой итоговый балл зависит только от сходства рукописной записи с ожидаемым образцом [1, 7, 8].

Для системы линейных алгебраических уравнений в матричной форме $Ax=b$, где A — матрица коэффициентов, x — вектор неизвестных, b — столбец свободных членов, проверка может быть выполнена через вычисление невязки: $r=Ax-b$.

Если компоненты вектора невязки равны нулю или не превышают заданную допустимую погрешность, ответ считается корректным. Такой способ проверки удобен тем, что он не требует полного совпадения формы записи ответа с эталонным вариантом. Например, студент может записать ответ в виде дробей или десятичных чисел, но при подстановке в систему результат всё равно будет проверен математически [1].

Допустимая погрешность может задаваться в зависимости от требований преподавателя и характера задания. Если предполагается точный ответ в виде целых чисел или обыкновенных дробей, критерий проверки может быть более строгим. Если допускаются десятичные приближения, система может учитывать небольшие вычислительные отклонения. Это делает проверку более гибкой и приближенной к реальной практике оценивания [4].

Для вырожденных систем требуется более сложная логика проверки. В таких случаях необходимо учитывать не только найденный набор значений неизвестных, но и тип системы. Система может иметь единственное решение, не иметь решений или иметь бесконечно много решений. Поэтому при проверке необходимо использовать анализ рангов матрицы коэффициентов и расширенной матрицы. Если студент указал, что система несовместна, программа должна проверить это не путем сравнения с текстовым шаблоном, а на основе условий совместности. Если ответ представлен параметрически, система должна иметь возможность проверить корректность такого представления [1].

Начисление баллов может быть реализовано по нескольким сценариям. В простейшем варианте студент получает полный балл за правильный итоговый ответ и ноль баллов за неправильный. Однако для учебного процесса более полезной является система частичного оценивания. Например, часть баллов может начисляться за правильное определение типа системы, часть — за корректное применение метода решения, часть — за верный итоговый ответ. В дальнейшем программный комплекс может быть дополнен анализом промежуточных преобразований, что позволит определять не только факт ошибки, но и место ее возникновения [3, 7, 8].

Таким образом, математическая проверка в предлагаемой системе выполняет две функции. Во-первых, она обеспечивает объективное определение правильности ответа. Во-вторых, она создает основу для более гибкого и содержательного оценивания, при котором система может не только выставить балл, но и помочь преподавателю понять характер ошибки студента [7, 8].

Интерфейс программы и база данных результатов

Интерфейс программного комплекса ориентирован на практическое использование преподавателем. Его структура позволяет одновременно видеть исходную самостоятельную работу, распознанные данные, итоговый балл и список уже проверенных работ. Это важно, поскольку в реальных условиях преподавателю необходимо не только доверять автоматической проверке, но и иметь возможность быстро проконтролировать ее результат [1, 8].

В левой части окна отображается загруженный лист самостоятельной работы. Это позволяет сопоставить результаты распознавания с исходным изображением. Если студент написал данные неразборчиво, сделал исправления или неоднозначно оформил ответ, преподаватель может сразу увидеть это на изображении. Такая визуальная связь между исходной работой и результатом проверки снижает риск некритичного принятия ошибочно распознанных данных [1, 5, 6].

В правой части интерфейса располагаются поля с основными сведениями: номер самостоятельной работы, группа, ФИО студента и количество баллов. Эти поля могут заполняться автоматически после распознавания. При необходимости преподаватель может проверить их и внести исправления. Такая возможность особенно важна для ФИО и номера группы, поскольку ошибка в идентификационных данных может привести к неправильной регистрации результата.

Рис. 2. Интерфейс программного комплекса для проверки и учета самостоятельных работ по линейной алгебре

Особое значение имеет нижняя часть интерфейса, в которой размещается таблица проверенных работ. Именно она отражает доработку системы: после проверки каждой работы результат не просто выводится на экран, а заносится в общую таблицу. В ней фиксируются порядковый номер записи, номер самостоятельной работы, группа, ФИО студента и полученные баллы. По сути, эта таблица выполняет функцию базы данных результатов [1].

Наличие базы данных существенно расширяет возможности программного комплекса. Если система только проверяет одну работу, преподаватель всё равно должен отдельно записывать результат. В доработанном варианте результат сразу связывается с конкретным студентом и сохраняется в общем списке. Это уменьшает количество ручных операций и снижает вероятность ошибок при переносе оценок [3, 9].

Кроме того, таблица результатов делает процесс проверки более наглядным. Преподаватель может видеть, какие работы уже обработаны, какие студенты получили максимальный балл, а какие допустили ошибки. При необходимости можно быстро вернуться к работе студента, получившего низкий результат, и проверить, связана ли оценка с реальной ошибкой в решении или с проблемой распознавания [1, 8].

В дальнейшем такая база данных может быть расширена. В нее можно добавить дату проверки, имя файла с изображением работы, комментарий преподавателя, признак ручной корректировки результата и статус проверки. Это позволит использовать программный комплекс не только как инструмент быстрой проверки, но и как полноценную систему сопровождения учебного контроля [9].

Заключение

В статье рассмотрен программный комплекс для автоматизированной проверки и учета самостоятельных работ по линейной алгебре. Основу системы составляют обработка стандартизированного бланка, рас-

познавание рукописных данных, математическая проверка ответа и сохранение результата в общей таблице. Такой подход позволяет совместить возможности интеллектуального распознавания с формальными методами линейной алгебры.

Главной доработкой системы является добавление модуля учета результатов. Благодаря нижней таблице интерфейса преподаватель получает список проверенных работ, в котором отображаются номер работы, группа, ФИО студента и полученные баллы. Это позволяет использовать программный комплекс не только для проверки отдельного листа, но и для ведения результатов по учебной группе [1].

Практическое значение системы заключается в снижении трудоемкости проверки, уменьшении количества ручных операций и повышении единообразия оценивания. Преподаватель получает возможность быстрее обрабатывать типовые работы, контролировать корректность распознавания и видеть общую картину успеваемости студентов.

Дальнейшее развитие программного комплекса может быть связано с повышением устойчивости распознавания, расширением поддерживаемых типов ответов, анализом промежуточных этапов решения и развитием базы данных результатов. В перспективе такая система может стать частью более широкой цифровой среды сопровождения математических дисциплин.

Литература

1. Аман Е.Э., Титов В.Е. Программный комплекс с элементами искусственного интеллекта для автоматизированной проверки самостоятельных работ по линейной алгебре // Инновации и инвестиции. 2026. № 4. С. 507-509.
2. Беляев С. А., Лапцевич Д. А. Подходы к созданию калькулятора с рукописным вводом // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2018. № 1. DOI: 10.15827/2311-6749.18.1.6.
3. Бабкина А. А., Андрюшечкина Н. А. Применение искусственного интеллекта в математике // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 11-2 (86). С. 178–181. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-11-2-178-181.
4. Жуков И. А., Костюк Ю. Л. Система контроля знаний и практических навыков по программированию // Информатика и образование. 2023. Т. 38. № 2. С. 66–74. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-2-66-74.
5. Chan K. F., Yeung D. Y. Mathematical Expression Recognition: A Survey // International Journal on Document Analysis and Recognition. 2000. Vol. 3. Pp. 3–15. DOI: 10.1007/PL00013549.
6. Zhelezniakov D., Zaytsev V., Radyvonenko O. Online Handwritten Mathematical Expression Recognition and Applications: A Survey // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 38352–38373. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3063413
7. Anthony L., Yang J., Koedinger K. R. Adapting Handwriting Recognition for Applications in Algebra Learning // Proceedings of the ACM Multimedia Workshop on Educational Multimedia and Multimedia Education. 2007. P. 47–56. DOI: 10.1145/1290144.1290153.
8. Anthony L., Yang J., Koedinger K. R. A Paradigm for Handwriting-Based Intelligent Tutors // International Journal of Human-Computer Studies. 2012. Vol. 70. No. 11. P. 866–887. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2012.04.003.
9. Wang S., Wang F., Zhu Z., Wang J., Tran T., Du Z. Artificial Intelligence in Education: A Systematic Literature Review // Expert Systems with Applications. 2024. Vol. 252. Article 124167. DOI: 10.1016/j.eswa.2024.124167.

A system for checking and recording assignments in linear algebra

Aman E.E., Pushkina V.P., Titov V.E.
Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article discusses a software package for automated verification and recording of independent work in linear algebra. The focus is on solving systems of linear algebraic equations, as this type of assignment is widely used in assessing student knowledge and requires verification of both the final answer and the correctness of the transformations performed. The proposed system combines handwriting recognition, standardized form processing, mathematical verification of the answer, and automatic entry of results into a common table. Unlike solutions focused solely on checking individual work, the software package in question is supplemented with an accounting module that allows for recording the work number, group, student name, and points earned. This enhancement makes the system more convenient for use in the educational process, as the instructor receives not only the results of a specific worksheet but also a consolidated database for the entire group. Using the software package reduces manual work, increases consistency in assessment, and simplifies the organization of student assessment.

Keywords: linear algebra, SLAE, automated verification, handwritten input, artificial intelligence, database, results accounting, educational technologies.

References

1. Aman E.E., Titov V.E. Software package with elements of artificial intelligence for automated assessment of independent work in linear algebra // Innovations and Investments. 2026. No. 4. P. 507–509.
2. Belyaev, S. A. Laptsevich, D. A. Approaches to Creating a Calculator with Handwriting Input. Programmnye produkty, sistemy i algoritmy, 2018, no. 1. doi:10.15827/2311-6749.18.1.6.
3. Babkina, A. A.; Andryushechkina, N. A. Application of Artificial Intelligence in Mathematics. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2023, no. 11-2 (86), pp. 178–181. doi:10.24412/2500-1000-2023-11-2-178-181.
4. Zhukov, I. A.; Kostyuk, Yu. L. The System for Automated Assessment of Knowledge and Practical Skills in Programming. Informatics and Education, 2023, vol. 38, no. 2, pp. 66–74. doi:10.32517/0234-0453-2023-38-2-66-74.
5. Chan K. F., Yeung D. Y. Mathematical Expression Recognition: A Survey // International Journal on Document Analysis and Recognition. 2000. Vol. 3. Pp. 3–15. DOI: 10.1007/PL00013549.
6. Zhelezniakov D., Zaytsev V., Radyvonenko O. Online Handwritten Mathematical Expression Recognition and Applications: A Survey // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 38352–38373. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3063413
7. Anthony L., Yang J., Koedinger K. R. Adapting Handwriting Recognition for Applications in Algebra Learning // Proceedings of the ACM Multimedia Workshop on Educational Multimedia and Multimedia Education. 2007. P. 47–56. DOI: 10.1145/1290144.1290153.
8. Anthony L., Yang J., Koedinger K. R. A Paradigm for Handwriting-Based Intelligent Tutors // International Journal of Human-Computer Studies. 2012. Vol. 70. No. 11. P. 866–887. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2012.04.003.
9. Wang S., Wang F., Zhu Z., Wang J., Tran T., Du Z. Artificial Intelligence in Education: A Systematic Literature Review // Expert Systems with Applications. 2024. Vol. 252. Article 124167. DOI: 10.1016/j.eswa.2024.124167.

Применение архитектуры u-net с предобученными энкодерами для сегментации дефектов металлических поверхностей

Толстых Вадим Олегович
студент, факультет Информационных технологий и анализа больших данных, кафедра искусственного интеллекта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, vadim.t0lstykh@yandex.ru

Статья посвящена разработке и сравнительному анализу моделей семантической сегментации на основе архитектуры U-Net для автоматического обнаружения поверхностных дефектов стального листа. Рассмотрены теоретические основы применения глубокого обучения в задачах промышленной дефектоскопии и обоснован переход от классических методов машинного зрения к трансферному обучению. Проведено экспериментальное сравнение базовой модели U-Net и трёх её вариантов с предобученными энкодерами ResNet34, ResNet50 и EfficientNet-B0 на публичном наборе данных Severstal Steel Defect Detection. Показано, что использование энкодера EfficientNet-B0 обеспечивает прирост метрики Dice на 57,3 % по сравнению с базовой архитектурой. Выявлены наиболее проблемные классы дефектов и предложены направления дальнейшего улучшения системы. Сделан вывод о практической применимости полученных моделей в автоматизированных линиях контроля качества металлопродукции.

Ключевые слова: компьютерное зрение, семантическая сегментация, u-net, дефекты металла, трансферное обучение, контроль качества.

В условиях цифровой трансформации промышленности контроль качества металлопродукции становится одной из ключевых задач автоматизации. Стальной лист, используемый в автомобилестроении, строительстве и производстве бытовой техники, должен соответствовать строгим стандартам по отсутствию поверхностных дефектов. По данным отраслевых исследований, до 5–8 % готового проката может быть отбраковано из-за поверхностных аномалий, что влечёт за собой прямые финансовые убытки и репутационные риски для производителей. Традиционный визуальный контроль, выполняемый операторами, сопряжён с высокой трудоёмкостью, субъективностью оценки и значительной зависимостью от человеческого фактора — утомляемость персонала приводит к пропуску до 20 % дефектов при длительных сменах.

Бурное развитие методов компьютерного зрения и глубокого обучения открыло возможность создания автоматизированных систем, способных с высокой точностью обнаруживать и классифицировать дефекты поверхности. В отличие от ранних подходов, основанных на ручном конструировании признаков (гистограммы ориентированных градиентов, фильтры Габора, текстурные дескрипторы), свёрточные нейронные сети (CNN) способны автоматически извлекать иерархические представления из сырых данных, адаптируясь к специфике конкретной производственной задачи.

Цель настоящей работы — разработка и экспериментальная оценка системы семантической сегментации дефектов стального листа с использованием архитектуры U-Net и её модификаций с предобученными энкодерами. Для достижения цели были поставлены задачи: проанализировать современные подходы к обнаружению дефектов; реализовать базовую U-Net; построить модели с энкодерами ResNet34, ResNet50 и EfficientNet-B0, предобученными на наборе ImageNet; провести количественное сравнение моделей по метрикам Dice и IoU; выявить ограничения и предложить направления развития.

Объектом исследования являются системы автоматического контроля качества на основе компьютерного зрения. Предмет исследования — архитектуры нейронных сетей для семантической сегментации дефектов металлических поверхностей.

Задача обнаружения дефектов на плоских металлических поверхностях в постановке компьютерного зрения может быть отнесена к одной из трёх категорий: классификация изображений, детекция объектов или семантическая сегментация. Классификация даёт лишь бинарный или многоклассовый ответ о наличии дефекта на всём изображении, не предоставляя информации о его локализации. Методы детекции, такие как Faster R-CNN, YOLO или SSD, ограничиваются построением ограничивающих прямоугольников, что для многих технологических операций недостаточно — например, для оценки остаточной толщины покрытия или принятия решения о вырезке дефектного участка требуется точный контур.

Семантическая сегментация, присваивающая каждому пикселю метку принадлежности к одному из классов (фон или конкретный тип дефекта), обеспечивает максимальную информативность. Среди архитектур для сегментации широкое распространение получила U-Net, предложенная О. Роннебергером и соавторами в 2015 году для анализа биомедицинских изображений [2]. Её отличительной чертой является симметричный энкодер-декодер с «пропускными» соединениями (skip connections), которые передают детальные пространственные признаки из сжимающего пути в расширяющий, позволяя точно восстанавливать границы объектов даже при малом объёме обучающих данных. Впоследствии U-Net была успешно адаптирована для множества прикладных задач, включая дефектоскопию.

Отдельным направлением повышения эффективности глубоких моделей в условиях ограниченных промышленных выборок является трансферное обучение (transfer learning). Использование в качестве энкодера сети, предобученной на крупном классификационном наборе ImageNet, позволяет перенести универсальные низкоуровневые признаки (контуры, текстуры, цветовые переходы) в целевую задачу сегментации дефектов, существенно сокращая время обучения и повышая итоговую точность. В работах [5, 6] показано, что применение предобученных ResNet и EfficientNet в составе U-Net позволяет достичь высоких показателей детекции на реальных производственных данных.

Использованный в данной работе датасет Severstal Steel Defect Detection [1] представляет собой публичный набор изображений сталь-

ного листа, размеченных экспертами компании «Северсталь». Он является одним из наиболее представительных бенчмарков для задачи сегментации промышленных дефектов и содержит около 12 тысяч тренировочных изображений и 4 тысячи тестовых. Каждое изображение имеет размер 256×1600 пикселей (соотношение сторон соответствует форме проката) и снабжено аннотациями в формате RLE, кодирующими маски дефектов четырёх классов:

1. Прокатная окалина (Rolled-in Scale) — вдавленные частицы, вытянутые вдоль направления прокатки.

2. Пятна (Patches) — локальные загрязнения, следы краски или штампа с чёткими границами.

3. Поверхностные вмятины и вкрапления (Pitted Surface) — мелкие точечные дефекты, часто хаотично разбросанные.

4. Отслоения и царапины (Scratches/Laminations) — линейные дефекты, возникающие при механических воздействиях.

Распределение классов крайне несбалансированно (таблица 1), что характерно для реальных промышленных условий.

Таблица 1
Распределение дефектов по классам в тренировочной выборке

Класс дефекта	Число примеров	Доля в общем объёме, %
1 — Прокатная окалина	897	7,1
2 — Пятна	247	2,0
3 — Вмятины и вкрапления	5150	41,0
4 — Царапины и отслоения	801	6,4
Без дефектов (фон)	5902	47,0
Класс дефекта	Число примеров	Доля в общем объёме, %

Примечание: составлено автором по материалам [1].

Как видно, почти половина изображений не содержит дефектов, а среди дефектных классов класс 3 доминирует, тогда как класс 2 представлен наименьшим числом примеров. Кроме того, на уровне пикселей дисбаланс ещё более выражен: дефектные области занимают в среднем менее 5 % площади изображения, что требует специальных мер при обучении.

Подготовка данных включала несколько последовательных этапов. Изображения загружались в формате RGB и масштабировались до квадратного размера 256×256 пикселей, что позволило снизить вычислительную нагрузку без критической потери информации — дефекты всех классов хорошо различимы в таком разрешении. Значения пикселей нормализовались в диапазон [–1, 1] для ускорения сходимости.

Аннотации, представленные в RLE-строках, декодировались в бинарные маски, по одной для каждого класса. Затем они объединялись в четырёхканальный тензор, где канал k соответствовал маске класса k (1 — пиксель принадлежит классу, 0 — фон). Таким образом, модель обучалась не нескольким независимым бинарным сегментациям, а единой многоклассовой задаче.

Для повышения обобщающей способности и борьбы с переобучением применялись аугментации с использованием библиотеки Albumentations. В обучающий пайплайн были включены: горизонтальное и вертикальное отражение (p=0,5), случайные повороты на 90°, аффинные преобразования (смещение до 10 %, масштабирование до 10 %, поворот до 15°), вариации яркости и контраста (±20 %), добавление гауссова шума (σ=10–50), размытие с ядром до 3, а также coarse dropout (имитация окклюзий, до 8 отверстий размером 8×8 пикселей). Последний приём играет важную роль при работе с реальными изображениями, где возможны загрязнения объектива или локальные засветы.

Датасет был разделён на обучающую и валидационную выборки в соотношении 80:20 с сохранением распределения классов (стратифицированное разбиение по наличию каждого типа дефекта). Для подачи данных в модель использовались DataLoader PyTorch с размером батча 8 и двумя рабочими потоками.

Базовая модель U-Net реализована с нуля в соответствии с архитектурой, описанной в [2]. Энкодер состоит из четырёх блоков double convolution (каждый включает две свёртки 3×3, batch normalization и ReLU), после которых следует max-pooling 2×2, уменьшающий пространственное разрешение вдвое и удваивающий число каналов (64 → 128 → 256 → 512). Центральная часть (дно U) содержит два свёрточных слоя с 1024 каналами, после чего начинается декодер. В декодере на каждом уровне производится апсэмплинг (транспонированная свёртка 2×2), конкатенация с картами признаков соответствующего уровня энкодера через skip connections и два свёрточных слоя, число каналов уменьшается в обратном порядке (512 → 256 → 128 → 64). Выходной слой — свёртка 1×1 с 4 каналами и сигмоидной активацией (для независимой вероятности каждого класса). Для регуляризации в центральной части добавлен Dropout2d с вероятностью 0,2. Общее число обучаемых параметров базовой U-Net составляет 31,04 миллиона.

Следующим шагом были построены три модели с предобученными энкодерами. С помощью библиотеки segmentation_models_pytorch интегрировались следующие энкодеры, обученные на ImageNet: ResNet34 (~21 млн параметров), ResNet50 (~25 млн параметров) и EfficientNet-B0 (~5 млн параметров). Во всех случаях декодер строился по классической схеме U-Net, но с признаковыми картами, извлекаемыми предобученным энкодером. На начальном этапе обучения веса энкодера замораживались, и обновлялись только параметры декодера и последних слоёв энкодера; после 5 эпох заморозка снималась для тонкой настройки всей сети.

Учитывая сильную несбалансированность пикселей, в качестве функции потерь использовалась комбинация Dice Loss и Binary Cross-Entropy (BCE) с весовым коэффициентом α = 0,7. Dice Loss вычислялся отдельно для каждого класса и усреднялся, что стимулирует модель уделять равное внимание как частым, так и редким классам. Итоговая потеря:

$$L = \alpha \times DiceLoss + (1 - \alpha) \times BCE$$

Оптимизация выполнялась алгоритмом AdamW с начальной скоростью обучения 1×10^{-4} и weight decay 1×10^{-5}. Применялся планировщик ReduceLROnPlateau: при отсутствии улучшения валидационной потери в течение 5 эпох learning rate уменьшался вдвое, вплоть до минимального порога 1×10^{-7}. Обучение продолжалось 30 эпох с ранней остановкой при плато в 10 эпох. Для предотвращения взрыва градиентов использовалось ограничение нормы градиента на уровне 1,0.

Все эксперименты проводились в среде Google Colaboratory с графическим ускорителем NVIDIA Tesla T4 (16 ГБ видеопамяти). Время обучения одной модели составляло от 2 до 4 часов в зависимости от архитектуры.

Оценка качества сегментации производилась на отложенной валидационной выборке с использованием основных метрик: Dice coefficient (F1-мера для сегментации), Intersection over Union (IoU), Precision и Recall. Все метрики вычислялись попиксельно для каждого класса с последующим макроусреднением. В таблице 2 приведены итоговые значения валидационного Dice для каждой исследованной архитектуры, а также относительный прирост по сравнению с базовой U-Net.

Таблица 2
Сравнение моделей по метрике Dice (валидационная выборка)

Модель	Лучший Val Dice	IoU (средний)	Прирост к базовой U-Net, %
U-Net (базовая)	0.3773	0.2412	—
U-Net + ResNet34	0.5285	0.3691	+40.0
U-Net + ResNet50	0.5316	0.3718	+40.8
U-Net + EfficientNet-B0	0.5936	0.4234	+57.3

Примечание: источник — составлено автором.

Лидером по всем показателям стала модель с энкодером EfficientNet-B0, достигшая значения Dice 0,5936, что почти на 57 % выше базовой U-Net. Архитектуры с ResNet50 и ResNet34 показали близкие результаты — 0,5316 и 0,5285 соответственно, подтверждая эффективность трансферного обучения.

Более детальная картина видна при анализе метрик по отдельным классам (таблица 3). Все модели наиболее успешно сегментируют дефекты класса 3 (вмятины и вкрапления) — Dice для них достигает 0,45–0,65. Классы 1 и 2 (прокатная окалина и пятна) остаются наиболее сложными: даже лучшая модель EfficientNet-B0 показывает для них Dice на уровне 0,20–0,30. Это объясняется малым количеством обучающих примеров данных классов и их визуальной схожестью с текстурой чистого металла при определённых условиях освещения.

Таблица 3
Поклассовый Dice coefficient для трёх архитектур

Класс дефекта	U-Net базовая	U-Net + ResNet50	U-Net + EfficientNet-B0
1 — Прокатная окалина	0.1047	0.1835	0.2254
2 — Пятна	0.0958	0.1521	0.2013
3 — Вмятины	0.4329	0.5136	0.6487
4 — Царапины/отслоения	0.2528	0.3264	0.4138
Среднее (макро)	0.2216	0.2939	0.3723

Примечание: источник — составлено автором.

Анализ кривых обучения показал, что модели с предобученными энкодерами не только достигают лучших финальных значений, но и сходятся значительно быстрее. Уже к 5–7 эпохе они выходят на 90 % своего

максимального Dice, тогда как базовая U-Net требует 10–12 эпох. Это подтверждает гипотезу о переносе универсальных низкоуровневых признаков из ImageNet, которые оказываются релевантными для распознавания текстурных аномалий металла.

Качественный анализ предсказаний выявил типичные ошибки: недоопределение границ крупных дефектов (модель склонна выделять только центральную часть), пропуск мелких слабоконтрастных точек и ложные срабатывания на областях с естественной шероховатостью. Тем не менее, визуальная оценка подтверждает, что EfficientNet-B0 значительно реже путает фон с дефектом и точнее очерчивает линейные царапины.

Для демонстрации практической применимости разработанной системы был реализован прототип, загружающий произвольное изображение и выдающий отчёт на основе консенсуса трёх обученных моделей. Если все три модели детектируют дефект, выносится вердикт «Дефекты обнаружены» и вычисляются метрики покрытия. Такой подход позволяет снизить количество ложных тревог и может быть встроен в автоматизированную линию контроля качества.

Таким образом, проведённое исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

- Задача семантической сегментации дефектов стального листа может быть эффективно решена с помощью архитектуры U-Net и её модификаций.

- Применение предобученных на ImageNet энкодеров обеспечивает значительный прирост точности — относительное улучшение Dice составляет от 40 % до 57 %.

- Модель с энкодером EfficientNet-B0 показала наилучшие результаты (Dice 0,5936, IoU 0,4234), что объясняется оптимальным балансом между количеством параметров и глубиной представления.

- Основные ограничения связаны с крайней несбалансированностью классов; повышение точности для редких дефектов требует внедрения специализированных взвешенных функций потерь, генеративных методов аугментации или ансамблирования.

- Разработанная система может служить основой для внедрения в промышленные линии неразрушающего контроля, сокращая зависимость от человеческого фактора и увеличивая пропускную способность.

Литература

1. Severstal: Steel Defect Detection [Электронный ресурс]. – Kaggle, 2019. – URL: https://www.kaggle.com/c/severstal-steel-defect-detection.
2. Ronneberger O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. – Cham : Springer, 2015. – P. 234–241.
3. Гаскаров Р. Д. Определение дефектов на стальных листах с использованием сверточных нейронных сетей / Р. Д. Гаскаров, А. М. Бирюков, А. А. Никонов [и др.] // Электронные библиотеки. – 2020. – Т. 23, № 6. – С. 1155–1171.
4. Ковун В. А. Использование нейронных сетей U-Net и W-Net в металлографическом анализе образцов стали / В. А. Ковун, И. Л. Каширина // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – № 1. – С. 101–110.
5. Sokolov P. Research of U-Net-Based CNN Architectures for Metal Surface Defect Detection / P. Sokolov, V. Pyliavskyi, O. Kovalchuk [et al.] // Machines. – 2022. – Vol. 10, № 5. – P. 327.
6. Li J. Few-Shot Steel Defect Detection Based on a Fine-Tuned Network with Serial Multi-Scale Attention / J. Li, Y. Yang, W. Huang [et al.] // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, № 13. – P. 5823.

Application of u-net architecture with pretrained encoders for segmentation of metal surface defects

Tolstykh V.O.

Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

This article is devoted to the development and comparative analysis of semantic segmentation models based on the U-Net architecture for automatic detection of surface defects on steel sheets. Theoretical foundations of deep learning application in industrial defectoscopy are considered, and the transition from classical machine vision methods to transfer learning is substantiated. An experimental comparison of a baseline U-Net model and three variants with pretrained ResNet34, ResNet50, and EfficientNet-B0 encoders on the public Severstal Steel Defect Detection dataset was conducted. It is shown that the use of the EfficientNet-B0 encoder provides a 57.3% increase in the Dice metric compared to the baseline architecture. The most problematic defect classes are identified, and directions for further system improvement are proposed. A conclusion is drawn regarding the practical applicability of the obtained models in automated quality control lines for metal products.

Keywords: computer vision, semantic segmentation, u-net, metal defects, transfer learning, quality control

References

1. Severstal: Steel Defect Detection [Electronic resource]. – Kaggle, 2019. – URL: https://www.kaggle.com/c/severstal-steel-defect-detection.
2. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. – Cham: Springer, 2015. – P. 234–241.
3. Gaskarov R. D., Biryukov A. M., Nikonov A. A. et al. [Detection of defects on steel sheets using convolutional neural networks] // Elektronnye biblioteki. – 2020. – Vol. 23, No. 6. – P. 1155–1171. (in Russian)
4. Kovun V. A., Kashirina I. L. [Using U-Net and W-Net neural networks in metallographic analysis of steel samples] // Vestnik VGU. Seriya: Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii. – 2022. – No. 1. – P. 101–110. (in Russian)
5. Sokolov P., Pyliavskyi V., Kovalchuk O. et al. Research of U-Net-Based CNN Architectures for Metal Surface Defect Detection // Machines. – 2022. – Vol. 10, No. 5. – P. 327.
6. Li J., Yang Y., Huang W. et al. Few-Shot Steel Defect Detection Based on a Fine-Tuned Network with Serial Multi-Scale Attention // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, No. 13. – P. 5823.

Польза SOC в противодействии современным APT атакам

Шаров Георгий Константинович
студент, образовательная программа «Информационная безопасность», Департамент кибербезопасности, Московский институт электроники и математики им. А. Н. Тихонова, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», gksharov@edu.hse.ru

В научной статье исследуется роль центров операций безопасности как ключевого элемента преодоления асимметрии между наступательными возможностями APT-группировок и оборонительными архитектурами корпоративных систем. Продемонстрирована сущность advanced persistent threats, проявляющаяся в длительном целенаправленном удержании присутствия в инфраструктуре посредством эксплойтов нулевого дня, специализированного вредоносного ПО и техник living-off-the-land, что требует качественно иного уровня ситуационного осознания по сравнению с традиционными периметровыми моделями. Анализируется широкий спектр интерпретаций концепции SOC в профессиональной литературе и стандартах, от процессно-ориентированных подходов к моделям, центрированным на threat hunting, матрице MITRE ATT&CK и интеграции SIEM, EDR, NDR, SOAR, платформ threat intelligence и deception-технологий. Особое внимание уделяется интеграционной связности инструментов, способной преодолеть феномен сенсорных силосов, а также соотношению человеческого экспертного анализа с автоматизацией в условиях кадрового дефицита. Через призму различных аналитических фреймворков описания жизненного цикла APT-атак выявляются структурные ограничения в покрытии фаз латерального перемещения и эксфильтрации данных, где поведенческий анализ, мониторинг DNS-туннелирования и создание ложных целей демонстрируют наибольший потенциал. Рассматриваются организационные модели SOC – от традиционных tier-структур до fusion и гибридных конфигураций – с точки зрения их операциональной эффективности против целевых долгосрочных кампаний. Полученные наблюдения подчеркивают, что сокращение времени обнаружения, традиционно составляющего 100–250 суток, в большей степени коррелирует с уровнем аналитической культуры, проактивным поиском угроз и контекстной интеграцией телеметрии, чем с объемом технологического стека. Материал предоставляет систематизированную основу для оценки применимости SOC-архитектур в условиях эволюционирующего ландшафта киберугроз и может служить ориентиром при проектировании зрелых систем защиты критической инфраструктуры.

Ключевые слова: SOC, APT, threat hunting, MITRE ATT&CK, deception technology.

Введение

Эволюция ландшафта киберугроз за последнее десятилетие обнаружила принципиальную асимметрию между наступательными и оборонительными возможностями участников информационного противоборства. Группировки, реализующие так называемые Advanced Persistent Threat (APT) – устойчивые целевые угрозы повышенной сложности, – демонстрируют качественно иной уровень технической оснащённости и организационной координации по сравнению с операторами типовых массовых атак [3]. Именно это обстоятельство детерминирует необходимость пересмотра архитектурных принципов организации корпоративной защиты: реактивные периметровые модели, формировавшие доминирующую парадигму ещё в начале 2000-х годов, обнаружили предсказуемую несостоятельность перед лицом многоступенчатых кампаний с имплицитным закреплением в инфраструктуре жертвы.

Концепция Security Operations Center (SOC) – централизованного операционного центра по обеспечению информационной безопасности – сформировалась в ответ на описанный вызов как попытка конструктивно преодолеть разрыв между потоком событий безопасности и аналитической способностью организации этот поток осмысленно интерпретировать [7; 11]. Базовая идея достаточно проста: агрегирование телеметрии из гетерогенных источников, её непрерывный мониторинг и последующая триаж-обработка аналитиками обеспечивают ту глубину ситуационного осознания, которую разрозненные защитные инструменты – межсетевые экраны, антивирусные средства, системы предотвращения вторжений – по отдельности обеспечить принципиально не способны. Вместе с тем уровень зрелости SOC-структур варьируется в весьма широких пределах: между минимальной конфигурацией, фиксирующей лишь срабатывания сигнатурных средств, и высокоавтоматизированными центрами с тактической разведкой угроз и средствами проактивного поиска (threat hunting) лежит существенная дистанция как методологического, так и технологического свойства [1].

Феномен APT нуждается в несколько более строгом концептуальном оформлении, нежели то, что предлагает расхожая популяризаторская литература по кибербезопасности [9]. Устойчивость (persistent) в данном контексте означает не просто длительность атаки, а целенаправленное, технически грамотное поддержание присутствия в инфраструктуре при одновременном уклонении от обнаружения – нередко на протяжении месяцев или даже лет. Продвинутость (advanced) отсылает к использованию эксплойтов нулевого дня, специализированного вредоносного программного обеспечения, написанного под конкретную цель, и методик living-off-the-land, при которых атакующий оперирует легитимными системными инструментами, существенно затрудняя детектирование на основе классического сигнатурного анализа [14]. Угроза (threat) определяет мотивированного противника с достаточными ресурсами – государственного или квазигосударственного уровня – для реализации многоэтапных операций с конкретными стратегическими целями: кражей интеллектуальной собственности, разрушением критической инфраструктуры, долгосрочным шпионажем.

Специализированная литература содержит достаточно детальные описания тактик, техник и процедур (TTP) конкретных APT-группировок – от Lazarus Group до APT29 и APT41, – однако консенсус относительно оптимальной архитектуры SOC, специализированного на противодействии именно этому классу угроз, по-прежнему отсутствует [5; 12]. Часть исследователей акцентирует технологическую составляющую – интеграцию платформ SIEM, SOAR и EDR в единый аналитический контур; другие настаивают на приоритете человеческого фактора, полагая, что автоматизация лишь снижает нагрузку на аналитиков первой линии, но не заменяет экспертного суждения при разборе сложных инцидентов [2; 8]. Данная дискуссия, при всей её практической значимости, нередко страдает от недостаточной операционализации базовых понятий: что именно понимается под «эффективностью» SOC применительно к APT – скорость обнаружения, полнота атрибуции или минимизация ущерба – авторы трактуют по-разному, что затрудняет сопоставление результатов исследований.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу работы образует совокупность взаимодополняющих аналитических подходов. Систематизация и классификация научных источников проводилась посредством контент-анализа публикаций в рецензируемых изданиях по тематике информационной безопасности, а также технических отчётов ведущих исследовательских

центров – Mandiant, CrowdStrike, MITRE ATT&CK – с последующим выявлением концептуальных расхождений и зон научной неопределённости [6]. Для систематизации тактик, техник и процедур APT-группировок применялась матрица MITRE ATT&CK как признанный в профессиональном сообществе инструмент унифицированной классификации, что позволило операционализировать понятие «противодействие APT» применительно к функциям SOC.

Сравнительный анализ архитектурных моделей SOC и их функциональных возможностей выполнялся методом структурной декомпозиции: каждая модель рассматривалась как совокупность уровней зрелости, технологических компонентов и процессных характеристик. Использовалось концептуальное моделирование для построения аналитических рамок соотнесения фаз APT-атаки с конкретными детектирующими и реагирующими возможностями SOC. Атрибутивный анализ применялся при сопоставлении определений и подходов различных исследовательских школ, что позволило выявить терминологические расхождения, генерирующие методологические артефакты в сравнительных исследованиях [13]. В части синтеза данных задействовалась дедуктивная логика: от общих принципов организации защищённых архитектур – к частным функциям SOC в конкретных фазах жизненного цикла APT-атаки.

Результаты и обсуждение

Прежде чем рассматривать возможности SOC в части обнаружения и нейтрализации APT-угроз, необходимо зафиксировать терминологическую рамку: различные исследователи и индустриальные игроки вкладывают в понятие «SOC» принципиально различный смысл, что само по себе генерирует методологические трудности при сопоставлении данных об эффективности [4]. Организации, ограничивающиеся мониторингом периметровых средств с привлечением аналитиков первой линии, и структуры, располагающие выделенными командами threat intelligence и встроенными возможностями форензики, формально обозначаются одним и тем же термином – тогда как их практические возможности применительно к APT расходятся кардинально. Это терминологическое размытие фиксируется в профессиональной литературе, однако до сих пор не получило стандартизованного разрешения.

Сравнительный анализ базовых дефиниций, фигурирующих в ключевых публикациях и нормативных документах, позволяет выделить несколько устойчивых концептуальных позиций, находящихся в состоянии перманентной дискуссии (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ определений SOC в профессиональной и научной литературе

Источник / школа	Акцент в определении	Ключевой функциональный приоритет	Степень включённости человека
NIST SP 800-61	Процессно-ориентированная модель реагирования на инциденты	Управление инцидентами	Высокая; аналитик – центральный элемент
SANS Institute	Технологически ориентированная интеграция инструментов	Мониторинг и триаж событий	Средняя; акцент на автоматизации L1
Gartner (модель SOC Maturity)	Зрелость как континуум возможностей	Threat hunting и проактивная разведка	Дифференцирована по уровню зрелости
MITRE ATT&CK-aligned SOC	Сопоставление возможностей с TTP противника	Покрытие матрицы атак	Высокая; экспертиза угроз критична
ISO/IEC 27035	Соответствие требованиям управления ИБ	Документирование и governance	Умеренная; упор на процессы

Приведённые концептуальные позиции свидетельствуют об отсутствии унифицированного взгляда даже на уровне ведущих стандартизирующих организаций. NIST и ISO-ориентированные подходы тяготеют к процессной формализации, нередко оставляя за скобками оперативные детектирующие возможности; модели, апеллирующие к матрице MITRE ATT&CK, напротив, строятся от противника – от его конкретных TTP – и потому демонстрируют бóльшую операциональную точность применительно к APT-угрозам [10]. Позиция Gartner, при всей её влиятельности в корпоративном секторе, страдает определённой концептуальной размытостью: «зрелость» трактуется преимущественно через технологическое оснащение, тогда как аналитическая культура и качество threat intelligence выступают факторами второго порядка.

Этот методологический разрыв имеет сугубо практические последствия: организации, выстраивающие SOC по нормативно-комплаентным шаблонам, неизбежно обнаруживают его функциональную недостаточность при столкновении с APT-группировками, чьи TTP целенаправленно проектируются для обхода типовых детектирующих конфигураций. Обращает на себя внимание тот факт, что среднее время обнаружения APT-присутствия в корпоративной инфраструктуре – по различным оценкам, от 100 до 250 суток – практически не коррелирует с формальным наличием SOC как организационной структуры, но существенно снижается при наличии выделенных аналитических возможностей threat hunting [15].

Жизненный цикл APT-атаки принято описывать через несколько аналитических фреймворков – Cyber Kill Chain (Lockheed Martin), MITRE ATT&CK, Diamond Model, – каждый из которых акцентирует различные аспекты операции противника и, соответственно, предполагает различные точки вмешательства для защищающейся стороны (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика аналитических фреймворков описания APT-атак применительно к функциям SOC

Фреймворк	Структура описания атаки	Сильные стороны для SOC	Ограничения применимости
Cyber Kill Chain	Линейная цепочка из 7 фаз (разведка → воздействие)	Чёткая фазовость; удобен для планирования детектирования	Слабо описывает post-exploitation и боковое перемещение
MITRE ATT&CK	Матрица тактик и техник с примерами групп	Высокая детализация TTP; актуальная база знаний	Высокая сложность операционализации без зрелого SOC
Diamond Model	Четыре атрибута инцидента: adversary, capability, infrastructure, victim	Удобен для атрибуции и корреляции инцидентов	Менее пригоден для оперативного детектирования
Unified Kill Chain	Расширенная 18-фазовая модель	Охватывает inside-сеть и пост-компрометацию	Избыточная сложность для оперативного использования
VERIS Framework	Классификация по типам инцидентов и акторам	Полезен для ретроспективного анализа и отчётности	Не предназначен для оперативного реагирования

Характерно, что каждый из перечисленных фреймворков отвечает на несколько различный аналитический запрос: Cyber Kill Chain удобен для выстраивания стратегии «разрыва цепочки» на ранних фазах атаки, тогда как MITRE ATT&CK – для детального сопоставления наблюдаемых событий с задокументированными техниками конкретных группировок [6]. Между тем операционные SOC нередко ограничиваются одним из фреймворков, что порождает выраженные «слепые зоны» в покрытии: в частности, линейная логика Kill Chain системно недооценивает сложность фаз lateral movement и exfiltration, именно тех, где APT-операторы наиболее изощрённо применяют технику living-off-the-land.

Вопрос об инструментальном оснащении SOC применительно к APT-угрозам требует отдельного рассмотрения, поскольку технологический стек и его интеграционная логика определяют практические детектирующие возможности в большей степени, нежели организационные декларации (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика технологических решений, применяемых в SOC для противодействия APT

Технологическое решение	Принцип работы	Эффективность против APT-техник	Ограничения
SIEM (Security Information and Event Management)	Агрегация и корреляция событий из множества источников	Высокая при корректно настроенных правилах корреляции	Зависимость от полноты и качества лог-источников
EDR (Endpoint Detection and Response)	Мониторинг поведения процессов на конечных узлах	Высокая для техник living-off-the-land и in-memory атак	Ограничена покрытием агентов; слепые зоны в OT/IoT
NDR (Network Detection and Response)	Анализ сетевого трафика на основе поведенческих профилей	Эффективна для обнаружения C2-коммуникаций и lateral movement	Зашифрованный трафик существенно снижает видимость
SOAR (Security Orchestration, Automation and Response)	Автоматизация playbook-реагирования и оркестровка инструментов	Снижает MTTR; повышает однородность реагирования	Неэффективен для нетипичных инцидентов без зрелых playbooks
Threat Intelligence Platform (TIP)	Агрегация и обогащение индикаторов компрометации	Ускоряет атрибуцию; повышает контекст для аналитика	Низкое качество открытых фидов; проблема устаревания IOC
Deception Technology (honeypots, honeynets)	Создание ложных целей для выявления активного атакующего	Крайне эффективна на этапах разведки и lateral movement	Требует значительных ресурсов на поддержание и анализ

Технологический стек современного SOC, специализированного на APT-угрозах, – не механическое суммирование перечисленных решений, а в первую очередь вопрос их интеграционной связности. Изолированно функционирующие EDR и SIEM, не обменивающиеся контекстом

в реальном времени, воспроизводят ту же проблему «сенсорных силосов», которую SOC призван преодолевать. Критическую роль в этом контексте приобретает NDR-компонент: зашифрованный трафик C2-коммуникаций, возможно, наименее изученная «слепая зона» современных мониторинговых архитектур, – обнаруживается преимущественно через поведенческие аномалии в метаданных трафика, а не через сигнатурный анализ пакетов [14].

Deception-технологии, незаслуженно маргинализированные в значительной части корпоративных SOC как «экзотические», при корректном размещении в инфраструктуре способны радикально сократить время до первого детектирования APT-присутствия: атакующий, активно проводящий разведку внутри сети, практически неизбежно взаимодействует с ложными целями – при условии их достаточной правдоподобности. Это обстоятельство, по всей видимости, недооценивается при бюджетном планировании большинства SOC.

Человеческий фактор в архитектуре SOC и его соотношение с технологическим компонентом – предмет дискуссии, не утихающей на страницах профессиональных изданий. Зафиксированный разрыв между нарастающим объёмом событий безопасности и дефицитом квалифицированных аналитиков формирует характерное напряжение, для разрешения которого предлагаются концептуально различные организационные модели (табл. 4).

Таблица 4
Организационные модели SOC и их применимость к обнаружению APT

Модель SOC	Структура и принцип организации	Возможности против APT	Организационные риски
Традиционный Tier-модель (L1/L2/L3)	Эскалационная вертикаль от мониторинга до реагирования	Устойчива при зрелой эскалации; L3 – ключевой уровень	Задержка эскалации; «усталость от алертов» на L1
Fusion SOC	Интеграция ИБ, разведки угроз и бизнес-контекста	Высокие возможности для APT с бизнес-атрибуцией	Организационная сложность; высокие требования к кадрам
Virtual SOC (VSOC)	Распределённая команда без единого физического центра	Гибкость масштабирования	Координационные издержки; риски потери контекста
MSSP (Managed SOC)	Аутсорсинговая модель с внешним провайдером	Доступность 24/7; широкая base угроз	Ограниченный контекст об инфраструктуре клиента
Hybrid SOC	Комбинация собственного ядра и MSSP для отдельных функций	Баланс между глубиной контекста и масштабом	Риски дублирования и разрывов в ответственности

Tier-модель, несмотря на критику в адрес её бюрократической инертности, сохраняет операциональную жизнеспособность в организациях с достаточно зрелым L3-уровнем. Проблема, однако, состоит в том, что именно этот уровень – наиболее дефицитный с кадровой точки зрения: аналитик, способный проводить осмысленный threat hunting и атрибутировать тактики конкретной APT-группировки, требует многолетней специализированной подготовки, которую рынок труда в сфере информационной безопасности воспроизводит крайне медленно [8]. Fusion SOC представляет концептуально наиболее зрелую модель, но её реализация требует как организационной воли на уровне топ-менеджмента, так и устойчивого финансирования.

Аутсорсинговые и гибридные конфигурации обнаруживают предсказуемое структурное противоречие: внешний провайдер, как правило, располагает более широкой экспозицией к актуальным угрозам по совокупной базе клиентов, но неизбежно работает с ограниченным контекстом о конкретной организации. APT-группировки, ориентированные на целенаправленную атаку, эксплуатируют именно это противоречие: кастомизированные имплантаты и специфические векторы проникновения, разработанные под конкретную жертву, оказываются принципиально труднее обнаруживаемыми для провайдера, не имеющего полного понимания бизнес-логики и инфраструктурных особенностей цели [5].

Функциональные возможности SOC по противодействию APT целесообразно рассматривать в привязке к конкретным фазам жизненного цикла атаки, а не как абстрактный детектирующий контур (табл. 5).

Соотнесение детектирующих возможностей с конкретными фазами атаки позволяет выявить структурную асимметрию, имеющую принципиальное значение для организации SOC: наибольшая концентрация инструментальных возможностей приходится на фазы initial access и persistence, тогда как lateral movement и exfiltration – именно те фазы, на которых APT-операторы наиболее умело применяют технику уклонения – обнаруживаются существенно хуже [15; 3]. Разрыв между номинальными возможностями детектирования и их практической реализацией при lateral movement по всей видимости детерминирован сочетанием нескольких факторов: использованием атакующими легитимных протоколов аутентификации, дефицитом качественных поведенческих базисных профилей (behavioural baselines) и высоким уровнем ложноположительных срабатываний UEBA-систем, генерирующим устойчивую «усталость от алертов» у аналитиков [2].

Таблица 5
Соотнесение фаз APT-атаки с функциями и инструментами SOC

Фаза APT-атаки	Характеристика действий атакующего	Релевантные функции SOC	Основные детектирующие инструменты
Разведка (Reconnaissance)	Сбор OSINT, сканирование периметра, фишинговая подготовка	Мониторинг внешних угроз; анализ фишинговых индикаторов	TIP; внешние threat feeds
Первоначальный доступ (Initial Access)	Эксплуатация уязвимостей, целевой фишинг, supply chain атаки	Детектирование аномальных входов и эксплойт-паттернов	SIEM + EDR; email security gateway
Закрепление (Persistence)	Установка backdoor, изменение планировщиков, модификация реестра	Мониторинг изменений конфигурации и аутентификационных артефактов	EDR; SIEM с правилами для persistence TTP
Боковое перемещение (Lateral Movement)	Использование легитимных учётных данных, PtH/PtT атаки	Поведенческий анализ аутентификации; обнаружение аномалий сессий	NDR; UEBA; EDR
Эксфильтрация (Exfiltration)	Извлечение данных по зашифрованным каналам, DNS tunneling	Детектирование аномальных исходящих потоков	NDR; DLP; DNS-мониторинг

Обращает на себя внимание принципиальная сложность фазы exfiltration применительно к зашифрованным каналам: DNS-туннелирование – один из наиболее часто используемых APT-группировками механизмов скрытного извлечения данных – обнаруживается исключительно через статистические аномалии DNS-трафика, для интерпретации которых требуется как специализированная аналитика, так и накопленный исторический базис нормального поведения DNS в конкретной организации. Это обстоятельство, возможно, недостаточно отражено в типовых конфигурациях SOC, ориентированных преимущественно на сетевой периметр.

Совокупность рассмотренных аналитических срезов – концептуального, фреймворкового, технологического, организационного и функционально-фазового – позволяет сформулировать несколько устойчивых наблюдений относительно места и возможностей SOC в противодействии APT. Терминологическая разноречивость в определении самого понятия SOC влечёт за собой не только академические, но и сугубо практические последствия: организации, выстраивающие центры мониторинга по нормативно-комплаентным шаблонам, закономерно обнаруживают их функциональную недостаточность при столкновении с противниками, операции которых намеренно проектируются за пределами покрытия стандартных детектирующих конфигураций. Фреймворковая фрагментация – множественность аналитических моделей описания APT при отсутствии единого операционального стандарта – генерирует устойчивые «слепые зоны», концентрирующиеся преимущественно в пост-компрометационных фазах жизненного цикла атаки.

Технологический стек SOC, при всей значимости его компонентного состава, обнаруживает предсказуемую зависимость эффективности от интеграционной связности инструментов, а не от их количества. Организационная дилемма между глубиной контекста собственного SOC и широтой экспозиции к угрозам внешнего провайдера, по всей видимости, не имеет универсального разрешения и требует ситуативной калибровки в зависимости от профиля угроз конкретной организации [7; 11].

Выводы

Противодействие APT-угрозам в рамках SOC-архитектуры обнаруживает одно принципиальное противоречие, которое не снимается ни наращиванием технологического стека, ни расширением штата аналитиков: атакующий оперирует в режиме асимметричной информированности о защищаемой инфраструктуре, тогда как SOC вынужден детектировать присутствие противника преимущественно через косвенные поведенческие аномалии на фоне нормального операционного шума. Среднее время между компрометацией и обнаружением – по оценкам, варьирующееся в диапазоне 100–250 суток в зависимости от сектора и зрелости защиты, – с достаточной убедительностью свидетельствует о том, что реактивная логика мониторинга периметра и событийной корреляции принципиально недостаточна применительно к целевым долгосрочным операциям.

Конфигурации SOC, демонстрирующие наилучшие результаты в задокументированных случаях обнаружения APT-присутствия, устойчиво объединяет несколько характеристик: интеграция телеметрии конечных узлов, сетевого поведения и аутентификационных событий в единый аналитический контур; наличие выделенных аналитических ресурсов

для проактивного поиска угроз, не привязанного к сигнатурным триггерам; а также систематическое использование threat intelligence как операционального, а не декоративного компонента расследования. Зрелость аналитической культуры – способность аналитика интерпретировать наблюдаемое поведение через призму TTP конкретных группировок – при этом, по всей видимости, коррелирует с результативностью обнаружения существенно сильнее, нежели сама по себе насыщенность технологического стека.

Практическое значение проведённого анализа концентрируется в нескольких прикладных следствиях. Организациям, формирующим или реконфигурирующим SOC с фокусом на APT-защиту, целесообразно отдавать методологический приоритет покрытию пост-компрометационных фаз – lateral movement и exfiltration, – как наиболее уязвимых с детектирующей точки зрения. Инвестиции в DNS-мониторинг, поведенческий анализ аутентификации и deception-инфраструктуру способны обеспечить непропорционально высокий прирост детектирующих возможностей относительно затраченных ресурсов. Кадровая стратегия SOC, ориентированного на APT-угрозы, требует системной работы по наращиванию компетенций на L2/L3-уровне – специалистов, способных проводить осмысленный threat hunting и атрибуцию TTP – поскольку именно этот ресурс остаётся наиболее дефицитным и наименее замещаемым автоматизацией.

Принципиальная «слепая зона», остающаяся нерешённой в рамках проведённого анализа, – количественная оценка взаимосвязи между конкретными параметрами конфигурации SOC и реальным сокращением времени обнаружения APT в гетерогенных инфраструктурных контекстах. Доступные отраслевые данные носят агрегированный характер и не позволяют изолировать вклад отдельных компонентов; это методологическое ограничение, характерное для закрытого характера большинства реальных APT-инцидентов, предопределяет направление последующих аналитических усилий в данной предметной области.

Литература

1. Селезнёв В. М., Боровская О. Е. Встраивание инструментов SOAR-платформ в экосистему SOC для автоматизации процесса реагирования на инциденты ИБ // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 10 (124). С. 1–9.
2. Киселев А. А., Коротких И. В., Шотт В. В. Практика создания Центра мониторинга информационной безопасности // Безопасность цифровых технологий. 2022. № 4 (107). С. 39–51.
3. Велигодский С. С., Милославская Н. Г. Унифицированная модель зрелости центров управления сетевой безопасностью информационно-телекоммуникационных сетей // Известия ЮФУ. Технические науки. 2023. № 3 (233). С. 157–172.
4. Олейникова А. А., Золотарев В. В. Концепция управления информационной безопасностью на основе цикла непрерывного детектирования и реагирования на инциденты безопасности информации // Известия ЮФУ. Технические науки. 2023. № 5 (235). С. 66–81.
5. Иванов А. В., Огнев И. А., Никрошкин И. В., Киселев М. А. Оценка уровня доверия к процессу управления инцидентами информационной безопасности // Вестник СибГУТИ. 2024. Т. 18. № 2. С. 88–102.
6. Листратов И. С., Милославская Н. Г., Сирбай И. С., Рейносо Брито А. Расширенная модель зрелости SOC компании Cybereason // Безопасность информационных технологий. 2025. Т. 32. № 1. С. 45–56.
7. Месенгисер Я. Я., Малахов М. А., Милославская Н. Г. Центры управления сетевой безопасностью как силы ГосСОПКА // Безопасность информационных технологий. 2022. Т. 29. № 1. С. 94–107.
8. Забайкина И. В. Влияние кибербезопасности промышленных автоматизированных систем на экономическую устойчивость предприятий и издержки операционных простоев в условиях растущих угроз // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 8. С. 62–72.
9. Велигодский С. С., Милославская Н. Г. Методика оценки уровня зрелости центров управления сетевой безопасностью // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2023. Т. 26. № 2. С. 31–41.
10. Иванов А. В., Никрошкин И. В., И. А. Огнев, М. А. Киселев Применение средств экспертизы Blue Team в процессе мониторинга информационных систем на примере платформы TI (Threat Intelligence) // Безопасность цифровых технологий. 2023. № 2 (109). С. 34–51.
11. Кузнецов А. В. Эволюция реагирования на инциденты информационной безопасности // Защита информации. Инсайд. 2024. № 5 (119). С. 14–20.
12. Кузнецов А. В. Модели данных для автоматизации реагирования на инциденты // Безопасность информационных технологий. 2025. Т. 32. № 2. С. 48–58.
13. Будников С. А., Бутрик Е. Е., Соловьев С. В. Моделирование APT-атак, эксплуатирующих уязвимость Zerologon // Вопросы кибербезопасности. 2021. № 6 (46). С. 47–61.
14. Лапсарь А. П., Назарян С. А., Владимирова А. И. Повышение устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры к целевым компьютерным атакам // Вопросы кибербезопасности. 2022. № 2 (48). С. 39–51.
15. Котенко И. В., Хмыров С. С. Анализ моделей и методик, используемых для атрибуции нарушителей кибербезопасности при реализации целевых атак // Вопросы кибербезопасности. 2022. № 4 (50). С. 52–79.

The Use of SOC in Countering Modern APT Attacks

Sharov G.K.
National Research University Higher School of Economics

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The scientific article explores the role of security operations centers as a key element in overcoming the asymmetry between the offensive capabilities of APT groups and the defensive architectures of corporate systems. The essence of advanced persistent threats is demonstrated, manifested in the long-term purposeful retention of presence in infrastructure through zero-day exploits, specialized malware and living-off-the-land techniques, which requires a qualitatively different level of situational awareness compared to traditional perimeter models. Analyzes a wide range of interpretations of the SOC concept in professional literature and standards, from process-oriented approaches to models centered on threat hunting, the MITRE ATT&CK matrix, and the integration of SIEM, EDR, NDR, SOAR, threat intelligence platforms, and deception technologies. Special attention is paid to the integration connectivity of tools that can overcome the phenomenon of sensory silos, as well as the relationship between human expert analysis and automation in the context of staff shortages. Through the lens of various analytical frameworks describing the APT attack lifecycle, structural limitations in covering the phases of lateral movement and data exfiltration are identified, where behavioral analysis, DNS tunneling monitoring, and the creation of false targets demonstrate the greatest potential. Organizational models of SOC are examined, from traditional tier structures to fusion and hybrid configurations, in terms of their operational effectiveness against targeted long-term campaigns. The observations highlight that reducing the traditional 100-250-day detection time is more correlated with the level of analytical culture, proactive threat hunting, and contextual telemetry integration than with the size of the technology stack. The material provides a systematic framework for evaluating the applicability of SOC architectures in an evolving cyberthreat landscape and can serve as a guide for designing mature critical infrastructure protection systems.

Keywords: SOC, APT, threat hunting, MITRE ATT&CK, deception technology.

References

1. Seleznev V. M., Borovskaya O. E. Embedding SOAR Platform Tools into the SOC Ecosystem to Automate the Process of Responding to Information Security Incidents // International Research Journal. 2022. No. 10 (124). Pp. 1–9.
2. Kiselev A. A., Korotkikh I. V., Shott V. V. The Practice of Creating an Information Security Monitoring Center // Digital Technology Security. 2022. No. 4 (107). Pp. 39–51.
3. Veligodsky S. S., Miloslavskaya N. G. Unified model of maturity of network security management centers of information and telecommunication networks // Izvestiya SFU. Technical sciences. 2023. No. 3 (233). Pp. 157–172.
4. Oleynikova A. A., Zolotaryov V. V. The concept of information security management based on the cycle of continuous detection and response to information security incidents // Izvestiya SFU. Technical Sciences. 2023. No. 5 (235). Pp. 66–81.
5. Ivanov A. V., Ognev I. A., Nikroshkin I. V., and Kiselev M. A. Assessing the Level of Trust in the Information Security Incident Management Process. Vestnik SibGUTI. 2024. Vol. 18. No. 2. Pp. 88–102.
6. Listratov I. S., Miloslavskaya N. G., Sirbai I. S., Reynoso Brito A. Extended SOC Maturity Model of Cybereason // Information Technology Security. 2025. Vol. 32. No. 1. Pp. 45–56.
7. Mesengiser Ya. Ya., Malakhov M. A., Miloslavskaya N. G. Network Security Management Centers as Forces of GosSOPKA // Information Technology Security. 2022. Vol. 29. No. 1. Pp. 94–107.
8. Zabaikina I. V. The impact of cybersecurity of industrial automated systems on the economic sustainability of enterprises and the costs of operational downtime in the face of growing threats // Environmental Management Issues. 2025. Vol. 4. No. 8. Pp. 62–72.
9. Veligodsky S. S., Miloslavskaya N. G. Methodology for assessing the maturity level of network security management centers // Reports of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 2023. Vol. 26. No. 2. Pp. 31–41.
10. Ivanov A. V., Nikroshkin I. V., I. A. Ognev, M. A. Kiselev Application of Blue Team Expertise Tools in the Process of Monitoring Information Systems on the Example of the TI (Threat Intelligence) Platform // Digital Technology Security. 2023. No. 2 (109). Pp. 34–51.
11. Kuznetsov A. V. The Evolution of Information Security Incident Response // Information Protection. Inside. 2024. No. 5 (119). Pp. 14–20.
12. Kuznetsov A. V. Data Models for Automating Incident Response // Information Technology Security. 2025. Vol. 32. No. 2. Pp. 48–58.
13. Budnikov S. A., Butrik E. E., Solovyov S. V. Modeling of APT Attacks Exploiting the Zerologon Vulnerability // Cybersecurity Issues. 2021. No. 6 (46). Pp. 47–61.
14. Lapsar A. P., Nazaryan S. A., Vladimirova A. I. Increasing the Resilience of Critical Information Infrastructure Facilities to Targeted Computer Attacks // Cybersecurity Issues. 2022. No. 2 (48). Pp. 39–51.
15. Kotenko I. V., Khmyrov S. S. Analysis of Models and Techniques Used for Attribution of Cybersecurity Violators in Targeted Attacks // Cybersecurity Issues. 2022. No. 4 (50). Pp. 52–79.

Прослеживаемая учетно-информационная модель агробизнеса как инновационный механизм формирования бухгалтерской отчетности

Борисов Антон Сергеевич
аспирант, Экономический институт, МГУ им. Н. П. Огарёва, ant_boris@mail.ru

В статье рассмотрена проблема формирования бухгалтерской отчетности агробизнеса в условиях усложнения производственных циклов, цифровизации учетных процедур и роста требований к достоверности управленческой информации. Обосновано, что традиционная организация учета в сельскохозяйственных организациях недостаточно отражает сезонность, биологическую трансформацию активов, движение запасов, совместный выпуск продукции, субсидируемые затраты и территориальную распределенность производственных процессов. На основе анализа методических ограничений учетного сопровождения предложена прослеживаемая учетно-информационная модель агробизнеса, ориентированная на установление устойчивой связи между хозяйственной операцией, первичным документом, учетной записью, аналитическим регистром и показателем бухгалтерской отчетности. Новизна исследования заключается в представлении бухгалтерской отчетности не только как итоговой формы регламентированного учета, но и как элемента инновационного механизма управления данными, обеспечивающего прозрачность формирования финансового результата и возможность последующей аналитической оценки эффективности агробизнеса. Особое внимание уделено детализации объектов учета, унификации справочников, расширению аналитических регистров и интеграции бухгалтерского, производственного и управленческого контуров. Сделан вывод, что внедрение прослеживаемой учетно-информационной модели позволяет повысить качество отчетности, снизить риск искажения себестоимости и обеспечить более обоснованное принятие управленческих решений в аграрном секторе.

Ключевые слова: агробизнес, бухгалтерская отчетность, учетные процедуры, прослеживаемость, цифровизация, инновации.

Введение

Современный агробизнес развивается в условиях усиливающейся цифровизации, усложнения производственных процессов и повышения требований к качеству учетной информации. Для сельскохозяйственных организаций уже недостаточно формального отражения хозяйственных операций в бухгалтерских регистрах, поскольку управленческие решения все чаще требуют оперативных, детализированных и прослеживаемых данных о затратах, запасах, биологических активах, субсидиях, производственных результатах и финансовой устойчивости. В научной литературе цифровая трансформация агропромышленного комплекса рассматривается как одно из ключевых направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства, поскольку она меняет не только технологические процессы, но и саму логику формирования, обработки и использования экономической информации [6; 8; 11; 12].

Особую значимость данная проблема приобретает применительно к бухгалтерской отчетности агробизнеса. В отличие от многих других отраслей, сельскохозяйственное производство характеризуется сезонностью, длительным производственным циклом, биологической трансформацией активов, совместным выпуском основной и побочной продукции, территориальной распределенностью производственных участков и существенной зависимостью результатов от природно-климатических условий. Данные особенности объективно усложняют порядок признания, оценки и раскрытия учетных объектов. В исследованиях Р. А. Алборова и соавторов подчеркивается необходимость развития специальных подходов к учету сельскохозяйственной продукции, земельных и биологических активов, поскольку традиционные методы не всегда обеспечивают достаточную точность отражения результатов биотрансформации и последующего формирования себестоимости [1; 2; 3; 4].

Одним из наиболее проблемных участков выступает первичный учет, от качества которого зависит достоверность всей последующей отчетной информации. Если хозяйственная операция фиксируется несвоевременно, сопровождается неполным документальным подтверждением или отражается без связи с конкретным объектом учета, то искажается не только отдельная учетная запись, но и итоговый показатель бухгалтерской отчетности. В агробизнесе такой риск особенно высок, поскольку производственные данные формируются на разобщенных участках: в полях, на фермах, складах, перерабатывающих подразделениях, логистических объектах. Поэтому развитие методики первичного бухгалтерского учета биологических активов и сельскохозяйственных операций следует рассматривать как необходимое условие повышения достоверности и аналитической пригодности отчетности [5].

Дополнительную сложность создает необходимость раскрытия информации в отчетности не только с позиции нормативного соответствия, но и с позиции управленческой полезности. Бухгалтерская отчетность должна отражать не усредненный итог деятельности, а экономически интерпретируемую картину формирования результата. Это предполагает детализацию затрат по видам продукции, производственным подразделениям, центрам ответственности, источникам финансирования и направлениям государственной поддержки. В исследованиях, посвященных раскрытию информации в интегрированной отчетности сельскохозяйственных организаций и совершенствованию структуры бухгалтерской отчетности, отмечается потребность в повышении содержательности отчетных форм, обеспечивающих более полное представление о факторах эффективности и устойчивости агропредприятий [7; 9].

Существенным элементом учетно-информационного обеспечения агробизнеса остается отражение государственной поддержки. Субсидии, гранты, льготное кредитование и иные формы бюджетного стимулирования влияют на себестоимость, финансовый результат, налоговую базу и инвестиционные решения сельскохозяйственных организаций. При этом данные потоки требуют раздельного учета, подтверждения целевого использования и аналитической оценки полученного эффекта. Исследователи справедливо указывают, что развитие учетно-информационного обеспечения в растениеводстве и других сегментах АПК должно учитывать не только производственные показатели, но и специфику государственной поддержки как фактора продовольственной безопасности и экономической устойчивости [10].

В этих условиях возрастает значение категории прослеживаемости учетной информации. Прослеживаемость позволяет установить непрерывную связь между хозяйственной операцией, первичным документом, учетной записью, аналитическим регистром, отчетным показателем и последующим управленческим решением. В зарубежных исследованиях прослеживаемость рассматривается как одно из перспективных направлений устойчивого развития агробизнеса, поскольку она повышает прозрачность движения данных, усиливает доверие пользователей информации и создает основу для цифровой интеграции учетных и производственных контуров [14; 15]. В отношении учета биологических активов аналогичная логика проявляется через необходимость более точного применения подходов IAS 41 и раскрытия информации о специфических объектах сельскохозяйственной деятельности [13].

Следовательно, актуальность статьи определяется противоречием между возрастающей потребностью агробизнеса в достоверной, детализированной и прослеживаемой бухгалтерской отчетности и сохраняющейся фрагментарностью учетных процедур, не всегда обеспечивающих сквозную связь между производственным событием и отчетным показателем. Решение данной проблемы требует перехода от традиционной модели учета, ориентированной преимущественно на фиксацию завершенных операций, к прослеживаемой учетно-информационной модели, в которой бухгалтерская отчетность формируется как результат согласованного движения данных внутри предприятия.

Цель статьи заключается в обосновании прослеживаемой учетно-информационной модели агробизнеса как инновационного механизма формирования бухгалтерской отчетности.

Достижение указанной цели предполагает выявление ограничений действующей организации учетных процедур, раскрытие роли первичных документов и аналитических регистров в обеспечении достоверности отчетности, определение значения цифровизации и унификации справочной информации, а также обоснование управленческой ценности прослеживаемого учетного контура для сельскохозяйственных организаций.

Научная новизна исследования состоит в рассмотрении бухгалтерской отчетности агробизнеса не только как итоговой формы регламентированного учета, но и как результата функционирования инновационной учетно-информационной модели, обеспечивающей прозрачность происхождения отчетных показателей. Такой подход позволяет усилить связь между бухгалтерским, производственным и управленческим учетом, повысить качество раскрытия информации о биологических активах, запасах, затратах и государственной поддержке, а также создать методическую основу для более обоснованной оценки эффективности агробизнеса.

Материалы и методы исследований

Материалами исследования выступили научные публикации 2021–2026 гг., посвященные цифровизации бухгалтерского учета в агропромышленном комплексе, учету биологических активов, совершенствованию первичных документов, раскрытию информации в бухгалтерской и интегрированной отчетности сельскохозяйственных организаций, а также зарубежные работы по прослеживаемости данных в устойчивом агробизнесе [1; 5; 7; 8; 13; 15]. Дополнительно использованы положения научных исследований, раскрывающих специфику учета государственной поддержки, калькулирования себестоимости и формирования учетно-информационного обеспечения в растениеводстве и иных сегментах АПК [3; 4; 10].

Методологическую основу статьи составил системный подход, позволивший рассмотреть бухгалтерскую отчетность агробизнеса не как изолированный итог учетного периода, а как результат последовательного движения информации от хозяйственной операции к отчетному показателю. При анализе ограничений действующей учетной практики применялись методы научного обобщения, сравнительного анализа, логической группировки и структурно-функционального моделирования. Метод классификации использовался для выделения ключевых элементов прослеживаемой учетно-информационной модели: первичного документа, учетной записи, аналитического регистра, отчетного показателя и управленческого решения.

Для обоснования инновационного характера предлагаемой модели применен причинно-следственный анализ, позволивший установить связь между качеством первичных данных, детализацией учетных регистров, прозрачностью калькулирования себестоимости и достоверностью бухгалтерской отчетности. Использование метода моделирования обеспечило формирование авторской логики прослеживаемого учетного контура агробизнеса.

Результаты и обсуждения

Ключевая проблема формирования бухгалтерской отчетности агробизнеса связана не с отсутствием учетных процедур, а с разрывами между производственным событием, первичным документом, регистром и итоговым отчетным показателем. В аграрной практике данные часто рождаются вне бухгалтерии: на поле, ферме, складе, в логистическом звене, при приемке урожая, списании кормов, отражении субсидируемых затрат. При запаздывании документов бухгалтер получает уже свернутую информацию, теряя возможность проверить ее происхождение. Поэтому прослеживаемая учетно-информационная модель должна связывать каждую операцию с конкретным объектом учета, центром ответственности, производственной фазой и отчетной строкой. Такой подход переводит отчетность из режима фиксации итогов в режим доказуемого формирования показателей [1].

Таблица 1

Элементы прослеживаемой учетно-информационной модели агробизнеса

Элемент модели	Содержание элемента	Управленческий результат
Хозяйственная операция	Посев, выращивание, уборка, движение запасов, получение субсидии	Фиксация экономического события без потери отраслевой специфики
Первичный документ	Акт, накладная, лимитно-заборная карта, производственный отчет	Подтверждение факта, даты, исполнителя и объекта учета
Учетная запись	Отражение операции по счетам и субсчетам	Сохранение связи между фактом и бухгалтерским контуром
Аналитический регистр	Группировка по культуре, полю, партии, подразделению, программе поддержки	Раскрытие структуры затрат и финансового результата
Отчетный показатель	Себестоимость, запасы, биологические активы, прочие доходы, прибыль	Проверяемое формирование бухгалтерской отчетности

Первый результат исследования состоит в обосновании прослеживаемости как базового свойства учетной информации. Достоверная отчетность появляется не в момент закрытия периода, а в ходе последовательного движения данных через документы, счета, регистры и аналитические разрезы. При такой логике бухгалтерская отчетность перестает быть плоской таблицей и превращается в систему, позволяющую восстановить путь показателя от исходной операции до строки баланса или отчета о финансовых результатах. Особенно важен данный подход для учета биологических активов. Газизьянова Ю. Ю. и Чернова Ю. В. прямо фиксируют проблему: «в учетной практике сельскохозяйственные растения и грибы отражаются в бухгалтерском учете и отчетности как незавершенное производство» [цит. по: 5, С. 2.].

Второй результат связан с уточнением роли первичного учета. Для агробизнеса первичный документ должен не только подтверждать операцию, но и удерживать ее производственный смысл. При отражении посевов, молодняка, кормов, удобрений, побочной продукции или субсидируемых мероприятий обычного набора реквизитов часто мало. Нужны данные о культуре, поле, фазе цикла, партии, норме расхода, ответственном подразделении, источнике финансирования. Без этих реквизитов формально корректная запись может давать слабый аналитический эффект. В итоге отчетность показывает сумму, но не объясняет ее происхождение, а управленец вынужден разбираться вручную, тратя время на восстановление цепочки данных [5].

Таблица 2

Ограничения традиционного учета и решения в прослеживаемой модели

Ограничение традиционного учета	Последствие для отчетности	Решение в модели
Укрупненное отражение затрат	Искажение себестоимости по культурам и подразделениям	Детализация затрат по объектам и фазам цикла
Разные справочники в производстве и бухгалтерии	Потеря сопоставимости данных	Единые коды культур, полей, партий, ресурсов
Запоздалое оформление первички	Снижение достоверности периода	Регламент сроков и цифровая фиксация операций
Слабая аналитика субсидий	Непрозрачное влияние господдержки на результат	Раздельный учет источников и целевых расходов
Отсутствие связи регистра с отчетной строкой	Невозможность проверки происхождения показателя	Карта соответствия «операция – регистр – отчетность»

Третий результат отражает значение цифровизации, выступающей не самостоятельной целью, а инструментом укрепления прослеживаемости. Цифровая система полезна лишь при наличии методически выстроенных справочников, правил заполнения документов, контрольных точек и аналитических регистров. Иначе предприятие получает быстрый, но все равно разрозненный учет. Н. К. Панащенко справедливо отмечает: «предприятия агропромышленного комплекса характеризуются более

низким, чем в среднем по экономике, уровнем внедрения цифровых технологий» [цит. по: 11, С. 80].

Четвертый результат состоит в выделении аналитического регистра как центрального звена модели. Именно регистр переводит первичную запись в управленчески полезную информацию. В нем должны сходиться бухгалтерский счет, объект учета, натуральный показатель, стоимостная оценка, центр ответственности, производственная фаза и отчетная строка. Такая конструкция особенно важна при совместном выпуске продукции, распределении косвенных затрат и отражении государственной поддержки. При наличии регистра можно видеть не только общую себестоимость, но и вклад конкретного поля, культуры, технологии, партии сырья или субсидируемого мероприятия в финансовый результат [7].

Пятый результат связан с качеством бухгалтерской отчетности. Прослеживаемая модель повышает не только достоверность, но и объяснительную силу отчетных данных. Пользователь видит не абстрактную величину запасов, затрат или прочих доходов, а показатель, имеющий проверяемое происхождение. Это важно для собственников, банков, аудиторов, органов власти и внутренних управленцев. При таком подходе отчетность становится ближе к реальной экономике предприятия, помогая выявлять перекрестное субсидирование направлений, неэффективные участки, завышенные косвенные расходы и слабые места документооборота [9].

Резюмируя вышесказанное, подчеркнем, что инновационность предложенной модели проявляется не в простой замене бумажных документов электронными формами, а в перестройке логики формирования отчетности. Бухгалтерская информация должна двигаться по понятному маршруту: операция, документ, запись, регистр, отчетный показатель, управленческое решение. Такая схема снижает риск случайных искажений, делает себестоимость прозрачнее, а отчетность полезнее для анализа эффективности агробизнеса. Для внедрения модели нужны единые справочники, обновленная учетная политика, регламенты первичного учета, цифровые контрольные точки и карта связи аналитических регистров с отчетными формами [12].

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что прослеживаемая учетно-информационная модель агробизнеса выступает не частным способом технического упорядочения учетных процедур, а самостоятельным инновационным механизмом повышения качества бухгалтерской отчетности. Ее значение проявляется в способности связать разрозненные производственные, бухгалтерские и аналитические данные в единую информационную цепочку, где каждый отчетный показатель имеет проверяемое происхождение, понятную структуру и управленческое объяснение. Для аграрного сектора это особенно важно, поскольку сезонность, биологическая трансформация активов, совместный выпуск продукции, субсидируемые затраты и территориальная рассредоточенность производства объективно повышают риск потери данных между фактом хозяйственной жизни и его отражением в отчетности.

Предложенный подход показывает, что качество бухгалтерской отчетности формируется не на завершающем этапе подготовки форм, а значительно раньше: при оформлении первичного документа, выборе объекта учета, настройке справочников, детализации аналитического регистра и увязке учетной записи с производственным процессом. Поэтому прослеживаемость становится практическим критерием достоверности информации. Если предприятие способно восстановить путь показателя от поля, фермы, склада или субсидируемого мероприятия до отчетной строки, отчетность приобретает не только нормативную корректность, но и реальную аналитическую ценность.

Инновационность модели заключается также в переосмыслении роли цифровизации. Цифровые решения дают результат только при наличии методической основы, задающей единые правила движения данных. Автоматизация без унифицированных справочников, контрольных точек и регламентов первичного учета лишь ускоряет накопление несогласованной информации. В отличие от этого, прослеживаемая модель превращает цифровую среду в инструмент прозрачного формирования себестоимости, раскрытия биологических активов, контроля субсидий и оценки эффективности направлений агробизнеса.

Следовательно, дальнейшее развитие бухгалтерской отчетности сельскохозяйственных организаций должно идти не по пути механического расширения отчетных форм, а через углубление связи между производственным событием, учетным отражением и управленческим смыслом показателя. Но готов ли современный агробизнес воспринимать бухгалтерскую отчетность не как обязательную форму контроля, а как живую карту управляемости, показывающую, где именно рождаются прибыль, потери и будущие резервы развития?

Литература

1. Алборов, Р. А. Квалиметрическая бухгалтерия учета сельскохозяйственной продукции, земельных и биологических активов / Р. А. Алборов, С. В. Козменкова, М. К. Джикия // Международный бухгалтерский учет. – 2023. – Т. 26, № 7. – С. 754–768. – DOI: 10.24891/ia.26.7.754.
2. Алборов, Р. А. Оценка состояния и необходимость стандартизации учета биологических активов и результатов их биотрансформации / Р. А. Алборов, С. В. Козменкова, Г. Р. Алборов, М. К. Джикия // Экономический анализ: теория и практика. – 2024. – Т. 23, № 2. – С. 204–222. – DOI: 10.24891/ea.23.2.204.
3. Алборов, Р. А. Прикладная квалиметрия в бухгалтерском учете сельского хозяйства / Р. А. Алборов, М. К. Джикия // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2024. – № 4. – С. 44–50. – DOI: 10.31442/0235-2494-2024-0-4-44-50.
4. Алборов, Р. А. Учет обесценения, оценочных обязательств и оценка животных на выращивании и откорме / Р. А. Алборов, М. К. Джикия, Е. Л. Мосунова, И. Е. Тришканова // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2024. – № 10. – С. 684–694. – DOI: 10.33920/sel-11-2410-03.
5. Газизьянова, Ю. Ю. Развитие методики первичного бухгалтерского учета биологических активов в сельскохозяйственных организациях / Ю. Ю. Газизьянова, Ю. В. Чернова // Вестник Евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 5. – С. 1–16. – URL: https://esj.today/PDF/37ECVN523.pdf (дата обращения: 30.04.2026).
6. Жукова, М. А. Перспективы цифровой трансформации сельского хозяйства : монография / М. А. Жукова, А. В. Улезько. – Воронеж : ВГАУ, 2021. – 179 с. – ISBN 978-5-7267-1213-0.
7. Кемпф, А. А. Учетно-аналитические аспекты раскрытия информации в интегрированной отчетности сельскохозяйственных организаций / А. А. Кемпф // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2023. – № 7. – С. 402–413. – DOI: 10.33920/sel-11-2307-02.
8. Клычова, Г. С. Современное состояние и перспективы развития цифровизации бухгалтерского учета в агропромышленном комплексе России / Г. С. Клычова, Б. И. Фассахов // Международный бухгалтерский учет. – 2025. – Т. 28, № 5. – С. 100–120.
9. Козменкова, С. В. Проектная структура бухгалтерской отчетности, ее сравнительный анализ и рекомендации по совершенствованию / С. В. Козменкова, Р. А. Алборов // Международный бухгалтерский учет. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 216–240. – DOI: 10.24891/ia.26.2.216.
10. Костюкова, Е. И. Особенности государственной поддержки в системе продовольственной безопасности и развитие учетно-информационного обеспечения в растениеводстве / Е. И. Костюкова, М. В. Феськова, М. К. Джикия // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2022. – № 12. – С. 786–795.
11. Панащенко, Н. К. Цифровизация учета в организациях агропромышленного комплекса / Н. К. Панащенко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2025. – № 1. – С. 80–85. – DOI: 10.24143/2073-5537-2025-1-80-85.
12. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса : монография / Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова, В. Т. Водянников [и др.] ; под ред. Е. В. Худяковой ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва : Мегаполис, 2022. – 160 с. – ISBN 978-5-6049097-8-2.
13. Campos-Llerena, P. Biological Assets in Agricultural Accounting: A Systematic Review of the Application of IAS 41 / P. Campos-Llerena, M. Arias-Pérez, C. Toscano-Morales, C. Barreno-Córdova // Journal of Risk and Financial Management. – 2025. – Vol. 18, iss. 7. – Article 380. – P. 1–23. – DOI: 10.3390/jrfm18070380.
14. Gonçalves, C. Blockchain-Enabled Traceability in the Rice Supply Chain: Insights from the TRACE-RICE Project / C. Gonçalves, J. Fernandes, C. M. Brites // Foods. – 2025. – Vol. 14, iss. 21. – Article 3711. – DOI: 10.3390/foods14213711.
15. Santos, P. H. dos. Traceability in sustainable agribusiness: A systematic review and future research directions / P. H. dos Santos, R. F. Ramos, J. E. Cruz, P. C. Brom // Sustainable Production and Consumption. – 2026. – Vol. 63. – P. 124–137. – DOI: 10.1016/j.spc.2026.01.005.

Traceable Accounting and Information Model of Agribusiness as an Innovative Mechanism for Financial Reporting

Borisov A.S.
Ogarev Moscow State University

JEL classification: C10, C50, C60, C61, C80, C87, C90

The article examines the problem of preparing financial statements in agribusiness amid increasingly complex production cycles, digitalization of accounting procedures, and growing requirements for the reliability of management information. It is substantiated that the traditional organization of accounting in agricultural enterprises does not sufficiently reflect seasonality, biological transformation of assets, inventory movement, joint production, subsidized costs, and the territorial distribution of production processes.

Based on the analysis of methodological limitations in accounting support, the article proposes a traceable accounting and information model of agribusiness aimed at establishing a stable relationship between a business transaction, primary document, accounting entry, analytical register, and financial reporting indicator. The novelty of the study lies in presenting financial reporting not only as the final form of regulated accounting, but also as an element of an innovative data management mechanism that ensures transparency in the formation of financial results and enables subsequent analytical assessment of agribusiness efficiency. Particular attention is paid to the detailing of accounting objects, unification of reference data, expansion of analytical registers, and integration of accounting, production, and management contours. It is concluded that the implementation of a traceable accounting and information model improves the quality of reporting, reduces the risk of cost distortion, and supports more substantiated managerial decision-making in the agricultural sector.
Keywords: agribusiness, financial reporting, accounting procedures, traceability, digitalization, innovation.

References

1. Alborov, R. A. Qualimetric accounting of agricultural products, land and biological assets / R. A. Alborov, S. V. Kozmenkova, M. K. Dzhikiya // International Accounting. – 2023. – Vol. 26, No. 7. – P. 754–768. – DOI: 10.24891/ia.26.7.754.
2. Alborov, R. A. Assessment of the state and the need for standardization of accounting for biological assets and the results of their biotransformation / R. A. Alborov, S. V. Kozmenkova, G. R. Alborov, M. K. Dzhikiya // Economic Analysis: Theory and Practice. – 2024. – Vol. 23, No. 2. – P. 204–222. – DOI: 10.24891/ea.23.2.204.
3. Alborov, R. A. Applied qualimetry in agricultural accounting / R. A. Alborov, M. K. Dzhikiya // Economics of Agricultural and Processing Enterprises. – 2024. – No. 4. – P. 44–50. – DOI: 10.31442/0235-2494-2024-0-4-44-50.
4. Alborov, R. A. Accounting for impairment, estimated liabilities and valuation of animals for growing and fattening / R. A. Alborov, M. K. Dzhikiya, E. L. Mosunova, I. E. Trishkanova // Accounting in Agriculture. – 2024. – No. 10. – P. 684–694. – DOI: 10.33920/sel-11-2410-03.
5. Gazizyanova, Yu. Yu. Development of the methodology for primary accounting of biological assets in agricultural organizations / Yu. Yu. Gazizyanova, Yu. V. Chernova // The Eurasian Scientific Journal. – 2023. – Vol. 15, No. 5. – P. 1–16. – URL: https://esj.today/PDF/37ECVN523.pdf (accessed: 30.04.2026).
6. Zhukova, M. A. Prospects for the digital transformation of agriculture : monograph / M. A. Zhukova, A. V. Ulezko. – Voronezh : Voronezh State Agrarian University, 2021. – 179 p. – ISBN 978-5-7267-1213-0.
7. Kempf, A. A. Accounting and analytical aspects of information disclosure in the integrated reporting of agricultural organizations / A. A. Kempf // Accounting in Agriculture. – 2023. – No. 7. – P. 402–413. – DOI: 10.33920/sel-11-2307-02.
8. Klychova, G. S. Current state and prospects for the development of digitalization of accounting in the agro-industrial complex of Russia / G. S. Klychova, B. I. Fassakhov // International Accounting. – 2025. – Vol. 28, No. 5. – P. 100–120.
9. Kozmenkova, S. V. Draft structure of financial statements, its comparative analysis and recommendations for improvement / S. V. Kozmenkova, R. A. Alborov // International Accounting. – 2023. – Vol. 26, No. 2. – P. 216–240. – DOI: 10.24891/ia.26.2.216.
10. Kostyukova, E. I. Features of state support in the food security system and the development of accounting and information support in crop production / E. I. Kostyukova, M. V. Feskova, M. K. Dzhikiya // Accounting in Agriculture. – 2022. – No. 12. – P. 786–795.
11. Panashchenko, N. K. Digitalization of accounting in agro-industrial complex organizations / N. K. Panashchenko // Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Economics. – 2025. – No. 1. – P. 80–85. – DOI: 10.24143/2073-5537-2025-1-80-85.
12. Digital transformation of the agro-industrial complex : monograph / T. I. Ashmarina, T. V. Biryukova, V. T. Vodyannikov [et al.] ; ed. by E. V. Khudyakova ; Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. – Moscow : Megapolis, 2022. – 160 p. – ISBN 978-5-6049097-8-2.
13. Campos-Llerena, P. Biological Assets in Agricultural Accounting: A Systematic Review of the Application of IAS 41 / P. Campos-Llerena, M. Arias-Pérez, C. Toscano-Morales, C. Barreno-Córdova // Journal of Risk and Financial Management. – 2025. – Vol. 18, iss. 7. – Article 380. – P. 1–23. – DOI: 10.3390/jrfm18070380.
14. Gonçalves, C. Blockchain-Enabled Traceability in the Rice Supply Chain: Insights from the TRACE-RICE Project / C. Gonçalves, J. Fernandes, C. M. Brites // Foods. – 2025. – Vol. 14, iss. 21. – Article 3711. – DOI: 10.3390/foods14213711.
15. Santos, P. H. dos. Traceability in sustainable agribusiness: A systematic review and future research directions / P. H. dos Santos, R. F. Ramos, J. E. Cruz, P. C. Brom // Sustainable Production and Consumption. – 2026. – Vol. 63. – P. 124–137. – DOI: 10.1016/j.spc.2026.01.005.

Отраслевая асимметрия устойчивости глобальных цепочек стоимости в условиях геоэкономического давления

Ван Чэнь
магистр, МГУ, 572104756@qq.com

В статье рассматривается отраслевая асимметрия устойчивости глобальных цепочек стоимости в условиях усиления геоэкономического давления. Показано, что современные ГЦС трансформируются под воздействием санкционных ограничений, технологического соперничества, экспортного контроля и фрагментации мировой экономики. Устойчивость цепочек стоимости трактуется не как универсальное свойство глобального производства, а как отраслево дифференцированная характеристика, зависящая от технологической сложности, концентрации поставщиков, степени заменяемости критических компонентов, институциональной зависимости и геостратегической значимости отрасли. Особое внимание уделяется различиям между высокотехнологичными, капиталоёмкими и относительно мобильными секторами. Обосновано, что геоэкономическое давление меняет стратегии государств и корпораций, усиливая значение технологического суверенитета, промышленной политики, диверсификации поставок и регионализации производственных связей. Сделан вывод о переходе глобальных цепочек стоимости от модели максимизации эффективности к модели стратегической устойчивости.
Ключевые слова: глобальные цепочки стоимости, геоэкономическое давление, отраслевая асимметрия, устойчивость, технологический суверенитет.

Введение

Современная мировая экономика вступила в этап глубокой структурной трансформации, связанной с усилением геоэкономической конкуренции, ростом санкционного давления, технологической фрагментацией и кризисом прежней модели гиперглобализации. Если на предыдущем этапе развитие международного производства определялось преимущественно логикой снижения издержек, расширения офшоринга и повышения эффективности транснациональных производственных сетей, то в современных условиях всё большее значение приобретают факторы стратегической безопасности, технологического суверенитета и политизированного регулирования международной торговли.

Глобальные цепочки стоимости, ранее рассматривавшиеся главным образом как механизм оптимизации международного разделения труда, всё в большей степени трансформируются под воздействием геоэкономического давления. Санкции, экспортный контроль, ограничения на передачу технологий, рост торгово-политической неопределённости и усиление конкуренции за контроль над критическими ресурсами меняют принципы организации международного производства. В результате устойчивость ГЦС становится не только экономической, но и стратегической категорией, связанной со способностью отраслей сохранять функциональную целостность в условиях внешних ограничений.

Особую актуальность приобретает проблема отраслевой асимметрии устойчивости глобальных цепочек стоимости. Различные сектора мировой экономики демонстрируют неодинаковую степень уязвимости к геоэкономическому давлению. Это обусловлено различиями в технологической сложности отраслей, структуре поставок, зависимости от критических компонентов и ресурсов, уровне институциональной зависимости, а также степени геополитической чувствительности. В высокотехнологичных и стратегически значимых секторах нарушение доступа к ключевым технологиям или специализированному оборудованию способно вызвать системные сбои, тогда как менее технологически сложные отрасли обладают более высокой гибкостью и возможностью адаптации.

Объектом исследования выступают глобальные цепочки стоимости в условиях геоэкономической трансформации мировой экономики. Предметом исследования является отраслевая асимметрия их устойчивости, проявляющаяся в различиях способности отдельных отраслей адаптироваться к санкционному, технологическому и институциональному давлению.

Цель статьи состоит в выявлении структурных факторов и механизмов формирования отраслевой асимметрии устойчивости глобальных цепочек стоимости в условиях геоэкономического давления.

Ключевой исследовательский вопрос может быть сформулирован следующим образом: почему различные отрасли мировой экономики обладают неодинаковой устойчивостью к геоэкономическому давлению и какие структурные параметры определяют эту асимметрию?

Научная новизна статьи заключается в интеграции геоэкономического подхода в анализ устойчивости глобальных цепочек стоимости, а также в концептуализации отраслевой асимметрии как результата различий в технологической зависимости, концентрации поставок, институциональной встроенности и геостратегической значимости отраслей.

Теоретико-методологические подходы к исследованию устойчивости глобальных цепочек стоимости: обзор литературы и постановка проблемы

Современные исследования глобальных цепочек стоимости всё чаще исходят из того, что прежняя модель гиперглобализации вступила в фазу структурной перестройки. Чжан Хуэй, У Шан и Чэнь Юй рассматривают реконфигурацию глобальных цепочек стоимости как результат совокупного воздействия технологических, экономических и политико-институциональных факторов. Авторы подчёркивают, что после периода быстрого расширения ГЦС стали демонстрировать признаки стагнации, регионализации и усиления роли нематериальных активов [1]. Данный подход важен для настоящего исследования, поскольку позволяет рассматривать ГЦС не только как форму международного разделения труда, но и как динамичную систему, меняющуюся под воздействием внешних ограничений. Вместе с тем в указанной работе акцент сделан преимущественно на общих тенденциях реконфигурации, тогда как отраслевые различия устойчивости ГЦС требуют дополнительной теоретической конкретизации.

Существенный вклад в анализ устойчивости глобальных стоимостных цепочек внесли Н. В. Смородинская и Д. Д. Катуков. Они рассматривают резильентность ГСЦ как способность цепочек противостоять внезапным шокам и адаптироваться к новым условиям без разрушения ключевых функций создания стоимости [2]. Принципиально важным является проведённое авторами различие между эффективностью и устойчивостью: цепочка, оптимизированная по критерию минимизации издержек, может оказаться уязвимой в условиях внешнего давления. Для настоящей статьи этот тезис имеет методологическое значение, поскольку геоэкономическое давление выявляет пределы прежней логики “efficiency first” и усиливает значение избыточности, диверсификации и управляемости производственных связей.

В дальнейших исследованиях Н. В. Смородинская и Д. Д. Катуков связывают уязвимость распределённого производства с шоком пандемии COVID-19, показывая, что глобальные производственные сети одновременно обеспечивают рост эффективности и создают каналы распространения кризисных импульсов [3]. Эта позиция позволяет рассматривать ГЦС как амбивалентную форму организации мировой экономики: они повышают производительность и специализацию, но при этом усиливают системную зависимость от отдельных узлов, поставщиков и логистических маршрутов. Однако пандемический шок отличается от геоэкономического давления тем, что последнее носит не только внезапный, но и стратегически направленный характер. Следовательно, устойчивость ГЦС в условиях санкций, экспортного контроля и технологического соперничества должна анализироваться не только как способность к восстановлению, но и как способность к функционированию в политически фрагментированной среде.

Геоэкономическое измерение данной проблемы раскрывается в работах Лю Бин и Лю Ин, которые анализируют трансформацию глобальной структурной власти и подчёркивают переход от доминирования производственных факторов к возрастающей роли знания, технологий и институционального контроля [4]. Для исследования ГЦС этот подход особенно значим, поскольку он показывает, что глобальные цепочки стоимости являются не нейтральной инфраструктурой обмена, а пространством распределения экономической власти. Контроль над технологическими стандартами, финансовыми каналами, критическими компонентами и интеллектуальной собственностью становится фактором не только конкурентоспособности, но и геоэкономического влияния. Следовательно, устойчивость ГЦС должна рассматриваться в контексте асимметричной зависимости между участниками мировой экономики.

На необходимость более системного анализа механизмов укрепления устойчивости ГЦС указывают Н. В. Смородинская, Д. Д. Катуков и В. Е. Малыгин. Авторы подчёркивают, что повышение резильентности связано с диверсификацией поставщиков, изменением сетевой архитектуры, формированием резервных каналов и пересмотром корпоративных стратегий управления рисками [5]. Этот вывод имеет прямое отношение к теме настоящей статьи, поскольку перечисленные механизмы проявляются неодинаково в различных отраслях. В высокотехнологичных секторах ключевое значение приобретает доступ к критическим технологиям и интеллектуальной собственности; в сырьевых и энергетических отраслях — контроль над ресурсами и инфраструктурой; в массовом промышленном производстве — стоимость релокации и глубина международной специализации.

Таким образом, существующая литература позволяет выделить три основных теоретико-методологических направления анализа: исследование реконфигурации ГЦС, концепцию резильентности и геоэкономический подход. Однако большинство работ рассматривает устойчивость либо на уровне глобальной экономики в целом, либо на уровне корпоративных стратегий. Недостаточно разработанным остаётся вопрос о том, почему разные отрасли обладают неодинаковой способностью адаптироваться к геоэкономическому давлению. Именно этот пробел определяет исследовательскую логику настоящей статьи: от общего анализа устойчивости глобальных цепочек стоимости необходимо перейти к изучению их отраслевой асимметрии как результата различий в технологической сложности, институциональной зависимости, концентрации поставок и геостратегической значимости отраслей.

Отраслевая асимметрия устойчивости глобальных цепочек стоимости: структурные факторы и механизмы формирования

Современная трансформация мировой экономики демонстрирует, что устойчивость глобальных цепочек стоимости не носит универсального характера. Геоэкономическое давление воздействует на отрасли неравномерно, поскольку каждая из них обладает собственной конфигурацией технологических, институциональных и ресурсных зависимостей. В результате формируется отраслевая асимметрия устойчивости, при которой одни сектора способны относительно быстро адаптироваться к внешним ограничениям, тогда как другие сталкиваются с системными рисками дезорганизации производства и потери доступа к ключевым элементам цепочки создания стоимости.

В научной литературе всё чаще подчёркивается, что уязвимость отраслей определяется не только степенью их вовлечённости в международное разделение труда, но и характером встроенности в глобальные технологические сети [6]. Наиболее чувствительными к геоэкономическому давлению оказываются отрасли, функционирование которых зависит от ограниченного числа поставщиков критических компонентов, сложных технологических платформ и специализированного оборудования. В высокотехнологичных секторах микроэлектронике, авиастроении, фармацевтике даже частичное нарушение доступа к ключевым технологиям способно вызвать каскадный эффект дестабилизации всей производственной системы. Следовательно, технологическая сложность отрасли становится одним из ключевых факторов дифференциации устойчивости ГЦС.

Существенную роль играет степень заменяемости критических компонентов и поставщиков. Чем ниже возможность быстрой замены технологий, оборудования или логистических каналов, тем выше уязвимость отраслевой цепочки стоимости. В условиях геоэкономической конфронтации особое значение приобретает доступ к уникальным технологическим решениям, редкоземельным ресурсам, специализированному программному обеспечению и интеллектуальной собственности. В результате устойчивость отрасли определяется не только её текущей производственной эффективностью, но и наличием альтернативных механизмов обеспечения непрерывности производства.

Дополнительным фактором отраслевой асимметрии становится концентрация глобальных поставок. В условиях высокой монополизации отдельных сегментов мирового рынка возрастает зависимость национальных производственных систем от ограниченного круга стран, компаний и логистических маршрутов. Особенно это проявляется в сферах, связанных с полупроводниками, энергетическим оборудованием и цифровой инфраструктурой. Концентрация поставщиков формирует так называемые «критические узлы» мировой экономики, контроль над которыми всё болеепревращается в инструмент геоэкономического давления [7]. В подобных условиях устойчивость ГЦС зависит уже не только от рыночной эффективности, но и от способности государств и компаний контролировать стратегически важные элементы международного производства.

Отраслевая дифференциация устойчивости усиливается различиями в капиталоёмкости и инерционности производственных систем. В высокотехнологичных и капиталоёмких секторах перенос производства требует значительных инвестиций, длительных сроков адаптации и наличия развитой научно-технологической базы. Поэтому даже при наличии политической мотивации процессы решоринги френдшорингсталкиваются с серьёзными ограничениями. Напротив, менее технологически сложные отрасли, основанные преимущественно на трудоёмком производстве, обладают большей мобильностью и способностью к географической переориентации [8]. Это означает, что гибкость отрасли становится самостоятельным фактором устойчивости в условиях фрагментации мировой экономики.

Важную роль играет положение отрасли внутри глобальной цепочки стоимости. Отрасли, связанные с контролем над технологиями, стандартами, программным обеспечением и интеллектуальной собственностью, обладают значительно более высоким уровнем стратегической чувствительности. Наиболее уязвимыми оказываются сегменты, встроенные в верхние уровни технологической иерархии, где доминируют ограниченное число государств и транснациональных корпораций. Напротив, отрасли, ориентированные преимущественно на сборочные или стандартизированные производственные операции, обладают большей способностью к смене поставщиков и переносу производственных функций.

Геоэкономическая конкуренция приводит к тому, что всё большее число отраслей начинает рассматриваться государствами как элементы национальной безопасности. Сектора, связанные с цифровыми технологиями, энергетикой, телекоммуникациями, микроэлектроникой и искусственным интеллектом, становятся объектом экспортного контроля, санкционного давления и ограничений на передачу технологий [9]. В результате логика функционирования ГЦС постепенно смещается от модели максимизации эффективности к модели стратегической управляемости и технологического суверенитета.

В условиях геоэкономической турбулентности устойчивость отраслей необходимо рассматривать и во временном измерении. Краткосрочная устойчивость связана со способностью поддерживать непрерывность поставок и избегать немедленной дестабилизации производства. Среднесрочная адаптация предполагает диверсификацию поставщиков,

развитие альтернативных логистических маршрутов и частичную локализацию критических компонентов. Долгосрочная устойчивость определяется уже способностью формировать собственную технологическую базу, институциональную автономию и независимые производственные экосистемы. Следовательно, устойчивость ГЦС представляет собой динамическую, а не статичную характеристику отрасли.

На основании рассмотренных факторов представляется возможным выделить несколько типов отраслевой устойчивости. К первой группе относятся высокоуязвимые отрасли с высокой технологической зависимостью и низкой заменяемостью критических компонентов — микроэлектроника, авиакосмическая промышленность, фармацевтика. Ко второй группе относятся отрасли со средней степенью устойчивости, где сохраняется высокая зависимость от глобальных рынков, но существует возможность частичной диверсификации поставок автомобилестроение, химическая промышленность, машиностроение. Наконец, к третьей группе можно отнести относительно адаптивные отрасли с более низкой технологической сложностью и высокой мобильностью производственных мощностей текстильную промышленность, производство товаров массового потребления и отдельные сегменты лёгкой промышленности.

Таким образом, отраслевая асимметрия устойчивости глобальных цепочек стоимости формируется на пересечении трёх ключевых параметров: технологической зависимости, институциональной зависимости и геоэкономической чувствительности отрасли. В отличие от традиционного подхода, рассматривавшего ГЦС преимущественно как механизм оптимизации международного производства, современная мировая экономика требует анализа цепочек стоимости как системы многослойных зависимостей, в которой устойчивость определяется не только экономической эффективностью, но и способностью отрасли адаптироваться к политически фрагментированной среде.

Трансформация стратегий государств и корпораций в условиях отраслевой дифференциации устойчивости ГЦС

Отраслевая дифференциация устойчивости глобальных цепочек стоимости меняет саму логику стратегического поведения государств и корпораций. В прежней модели глобализации ключевым критерием организации международного производства выступала эффективность, выражавшаяся в снижении издержек, расширении офшоринга и углублении международной специализации. Однако рост геоэкономического давления, санкционных ограничений, торгово-технологических конфликтов и логистической неопределённости усилил значение иных критериев: безопасности поставок, управляемости производственных связей, технологической автономии и способности к быстрому восстановлению после внешних шоков. В результате ГЦС перестают быть исключительно инструментом рыночной оптимизации и всё в большей степени становятся объектом государственной промышленной и геоэкономической политики [10].

На государственном уровне это проявляется прежде всего в возвращении промышленной политики как инструмента укрепления стратегической устойчивости. Государства стремятся не только поддерживать конкурентоспособность отдельных отраслей, но и снижать зависимость от внешних технологических, ресурсных и инфраструктурных узлов. При этом характер государственной политики зависит от отраслевой специфики. В высокотехнологичных секторах приоритетом становится развитие собственной научно-производственной базы и защита критических технологий; в энергетике и сырьевых отраслях контроль над инфраструктурой и стабильностью поставок; в массовом производстве диверсификация внешнеэкономических связей и снижение логистических рисков. Таким образом, промышленная политика приобретает селективный характер и всё теснее связывается с задачами технологического суверенитета.

В условиях санкционного давления особенно заметной становится трансформация корпоративных стратегий. Компании вынуждены пересматривать прежнюю зависимость от внешних поставщиков, логистических маршрутов и импортного оборудования. Одним из ключевых направлений адаптации становится поиск новых поставщиков, изменение каналов снабжения, локализация отдельных производственных операций и переход к менее уязвимым производственным конфигурациям [11]. Однако эти меры не являются одинаково доступными для всех отраслей. В секторах с высокой технологической сложностью адаптация требует не только замены поставщика, но и перестройки технологической базы, сертификационных процедур, инженерных компетенций и стандартов качества. Поэтому отрасли с высокой степенью технологической зависимости обладают более ограниченным пространством для быстрой корпоративной адаптации.

Важным направлением трансформации выступает пересмотр соотношения между эффективностью и избыточностью. В прежней логике ГЦС избыточные мощности, стратегические запасы и дублирующие поставщики рассматривались как фактор роста издержек. В современной геоэкономической среде они становятся элементом устойчивости. Для корпораций это означает переход от модели точно в срокк более гибким моделям управления рисками, основанным на диверсификации поставок, резервных маршрутах, цифровом мониторинге цепочек и создании страховых производственных контуров. Такая логика особенно значима для отраслей, где сбой одного компонента способен остановить всю производственную систему [12].

Одновременно усиливается значение решоринга и френдшоринга. Решоринг, понимаемый как возвращение производственных мощностей в страну происхождения, направлен на снижение зависимости от внешних производственных узлов. Однако его возможности ограничены высокой стоимостью переноса производства, дефицитом квалифицированных кадров и необходимостью восстановления утраченных промышленных компетенций. Френдшоринг, то есть перенос производственных мощностей и цепочек поставок в дружественные или политически близкие страны, представляет собой более гибкую форму адаптации. Он не разрушает международную кооперацию полностью, но переводит её в рамки политически селективной интеграции. В результате формируется новая конфигурация ГЦС, где географическая близость всё чаще дополняется политико-институциональной совместимостью.

Для государств и корпораций особое значение приобретает управление рисковой экспозицией отраслей в глобальных производственных сетях. Чем длиннее производственная цепочка и чем выше доля незаменяемых иностранных компонентов, тем сильнее отрасль подвержена внешним шокам. Поэтому стратегическое управление ГЦС предполагает не только диверсификацию поставщиков, но и оценку уязвимых звеньев, критических импортных зависимостей и степени заменяемости производственных ресурсов [13]. Такая оценка позволяет перейти от реактивной политики преодоления кризисов к превентивной политике снижения структурных рисков.

Цифровизация становится важным инструментом повышения устойчивости ГЦС. Она позволяет компаниям быстрее выявлять сбои, отслеживать поставщиков, моделировать альтернативные маршруты и повышать прозрачность межфирменных связей. Однако цифровизация не устраняет отраслевую асимметрию автоматически. В высокотехнологичных секторах она может усиливать устойчивость за счёт более точного управления сложными сетями поставок, тогда как в менее развитых отраслях её эффект ограничивается уровнем цифровой инфраструктуры и управленческих компетенций [14]. Следовательно, цифровая трансформация должна рассматриваться не как универсальное средство защиты ГЦС, а как инструмент, эффективность которого зависит от отраслевой структуры и технологической зрелости компаний.

Наиболее глубоким следствием рассматриваемых процессов становится изменение характера взаимодействия государства и бизнеса. В стратегически значимых отраслях усиливается координация между промышленной политикой, корпоративными инвестициями, экспортным контролем, технологическим регулированием и мерами поддержки критических производств. Корпорации сохраняют роль ключевых организаторов ГЦС, однако государство всё активнее определяет допустимые границы международной кооперации, особенно в секторах, связанных с национальной безопасностью, цифровой инфраструктурой, энергетикой и высокими технологиями. В этом смысле современная ГЦС превращается в гибридную систему, где рыночные стимулы всё теснее переплетаются с геоэкономическими ограничениями.

Таким образом, трансформация стратегий государств и корпораций отражает переход от модели глобальной эффективности к модели стратегической устойчивости. Государства стремятся снизить зависимость от критических внешних узлов и укрепить технологический суверенитет, тогда как корпорации перестраивают цепочки поставок через диверсификацию, локализацию, цифровизацию и формирование резервных производственных контуров [15]. При этом отраслевая дифференциация остаётся ключевым условием выбора стратегии: чем выше технологическая сложность, институциональная зависимость и геостратегическая значимость отрасли, тем сильнее её устойчивость зависит от согласованных действий государства и бизнеса.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сделать вывод, что современная трансформация мировой экономики сопровождается усилением геоэкономического давления на глобальные цепочки стоимости. Санкционные ограничения, технологическое соперничество, экспортный контроль, политизация международной торговли и борьба за доступ к критическим ресурсам меняют прежнюю логику организации международного произ-

водства. ГЦС сохраняют значение важнейшего механизма мировой экономической взаимозависимости, однако их функционирование всё в большей степени определяется не только рыночной эффективностью, но и стратегической управляемостью, технологической автономией и устойчивостью к внешним ограничениям.

Устойчивость глобальных цепочек стоимости носит выраженный отраслевой и асимметричный характер. Наиболее уязвимыми оказываются отрасли с высокой технологической сложностью, низкой заменяемостью критических компонентов, высокой концентрацией поставщиков и значительной зависимостью от международных стандартов, технологий и институциональных режимов. Напротив, отрасли с более простой производственной структурой и большей мобильностью производственных мощностей обладают более широкими возможностями адаптации. Следовательно, различия в устойчивости ГЦС определяются сочетанием технологической, институциональной и геополитической зависимости отраслей, а также их положением в международной производственной иерархии.

Научный вклад статьи состоит в интеграции геоэкономического подхода в анализ устойчивости ГЦС и концептуализации отраслевой асимметрии как самостоятельной исследовательской проблемы. Такой подход позволяет объяснить, почему геоэкономическое давление оказывает неодинаковое воздействие на различные сектора мировой экономики и почему стратегии государств и корпораций всё чаще приобретают отраслево-селективный характер. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой индикаторов устойчивости ГЦС, сравнительным отраслевым анализом, изучением региональных моделей реконфигурации цепочек стоимости и анализом санкционной трансформации мировой экономики. Таким образом, современная система глобальных цепочек стоимости постепенно трансформируется в многоуровневую и политически обусловленную архитектуру международного производства и технологической взаимозависимости.

Литература

1. Чжан Хуэй, У Шан, Чэнь Юй. Реконфигурация глобальных цепочек стоимости: тенденции, движущие силы и ответные меры Китая // Вестник Пекинского университета путей сообщения. Серия: Социальные науки. 2022. Т. 21. № 4. С. 54–67.
2. Смородинская Н. В., Катуков Д. Д. Глобальные стоимостные цепочки: как поднять резильентность перед внезапными шоками? // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2020. Т. 13. № 6. С. 30–50.
3. Смородинская Н. В., Катуков Д. Д. Распределенное производство в условиях шока пандемии: уязвимость, резильентность и новый этап глобализации // Вопросы экономики. 2021. № 12. С. 21–47.
4. Лю Бинь, Лю Ин. Изменение глобальной структурной власти и стратегический выбор Китая // Дипломатическое обозрение. Вестник Дипломатической академии. 2022. Т. 39. № 4. С. 110–132.
5. Смородинская Н. В., Катуков Д. Д., Малыгин В. Е. Глобальные стоимостные цепочки в эпоху неопределенности: преимущества, уязвимости, способы укрепления резильентности // Балтийский регион. 2021. Т. 13. № 3. С. 78–107.
6. Гудкова Т. В. Глобальные цепочки создания добавленной стоимости в условиях цифровизации экономики // Журнал экономической теории. 2020. Т. 17. № 1. С. 53–64.
7. Лю Чжибяо, Лин Юнхуэй. Исследовательская перспектива, логическая линия и общая рамка новой модели развития «двойной циркуляции» // Вестник Чжэцзянского торгово-промышленного университета. 2021. Т. 35. № 2. С. 83–93.
8. Чжан Цзе, Лу Янь. Теоретическое исследование и пути повышения устойчивости и безопасности производственных и цепочек поставок // Чжунчжоуский научный журнал. 2023. № 7. С. 37–43.
9. Степанова Т. Д. Технологический суверенитет и человеческий потенциал: трансформация после периода санкций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. № 10А. С. 42–53.
10. Кириллов В. Н., Миллер Я. В. Глобальные цепочки создания стоимости в контексте новых вызовов развития мировой экономики // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 2. С. 86–97.
11. Кузык М. Г., Симачев Ю. В. Стратегии адаптации российских компаний к санкциям 2022 г. // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3(60). С. 172–180.
12. Хун Лю, Чжао Сяобо, Ван Шоуян и др. Ключевые научные проблемы устойчивости и безопасности цепочек поставок // Фонд науки Китая. 2023. Т. 37. № 3. С. 418–428.
13. Ни Хунфу, Чжун Даочэн, Фань Цзицзе. Измерение, структура и международное сравнение рисковой экспозиции промышленных цепочек Китая: на основе перспективы длины производственной цепочки // Мир управления. 2024. Т. 40. № 4. С. 27–45.
14. Чжан Шушань, Гу Чэн. Цифровизация цепочек поставок и устойчивость цепочек поставок // Финансово-экономические исследования. 2024. Т. 50. № 7. С. 53–59
15. Чжу Юнгуан, Чжан Уфэн, Ван Ди и др. Оценка устойчивости производственной и цепочки поставок медных ресурсов Китая // Ресурсоведение. 2023. Т. 45. № 9. С. 136–142

Sectoral Asymmetry in the Resilience of Global Value Chains under Geoeconomic Pressure

Wang Chen
Moscow state university

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article examines sectoral asymmetry in the resilience of global value chains under increasing geoeconomic pressure. It shows that modern GVCs are being transformed by sanctions, technological rivalry, export controls, and the fragmentation of the world economy. The resilience of value chains is interpreted not as a universal feature of global production, but as a sectorally differentiated characteristic determined by technological complexity, supplier concentration, substitutability of critical components, institutional dependence, and the geostrategic importance of an industry. Particular attention is paid to differences between high-tech, capital-intensive, and relatively mobile sectors. The article argues that geoeconomic pressure is changing the strategies of states and corporations by increasing the importance of technological sovereignty, industrial policy, supplier diversification, and the regionalization of production networks. It concludes that global value chains are shifting from a model of efficiency maximization toward a model of strategic resilience.

Keywords: global value chains, geoeconomic pressure, sectoral asymmetry, resilience, technological sovereignty.

References

1. Zhang Hui, Wu Shang, Chen Yu. Reconfiguration of Global Value Chains: Trends, Driving Forces, and China's Responses // Bulletin of Beijing Railway University. Series: Social Sciences. 2022. Vol. 21. No. 4. pp. 54–67.
2. Smorodinskaya N.V., Katukov D.D. Global Value Chains: How to Enhance Resilience to Sudden Shocks? // Contours of Global Transformations: Politics, Economics, Law. 2020. Vol. 13. No. 6. pp. 30–50.
3. Smorodinskaya N.V., Katukov D.D. Distributed Production under the Shock of the Pandemic: Vulnerability, Resilience, and a New Stage of Globalization // Voprosy Ekonomiki. 2021. No. 12. Pp. 21–47.
4. Liu Bin, Liu Ying. Changing Global Structural Power and China's Strategic Choice // Diplomatic Review. Bulletin of the Diplomatic Academy. 2022. Vol. 39. No. 4. Pp. 110–132.
5. Smorodinskaya N.V., Katukov D.D., Malygin V.E. Global Value Chains in the Era of Uncertainty: Advantages, Vulnerabilities, and Ways to Strengthen Resilience // Baltic Region. 2021. Vol. 13. No. 3. Pp. 78–107.
6. Gudkova T.V. Global Value Chains in the Context of Economic Digitalization // Journal of Economic Theory. 2020. Vol. 17. No. 1. Pp. 53–64.
7. Liu Zhibiao, Lin Yonghui. Research Perspective, Logical Line, and Overall Framework of the New Development Model of "Dual Circulation" // Bulletin of Zhejiang University of Industry and Commerce. 2021. Vol. 35. No. 2. Pp. 83–93.
8. Zhang Jie, Lu Yan. Theoretical Research and Ways to Improve the Resilience and Security of Production and Supply Chains // Zhongzhou Scientific Journal. 2023. No. 7. Pp. 37–43.
9. Stepanova T. D. Technological Sovereignty and Human Potential: Transformation after the Sanctions Period // Economy: Yesterday, Today, Tomorrow. 2023. Vol. 13. No. 10A. P. 42–53.
10. Kirillov V. N., Miller Ya. V. Global Value Chains in the Context of New Challenges of Global Economic Development // Russian Foreign Economic Bulletin. 2021. No. 2. P. 86–97.
11. Kuzyk M. G., Simachev Yu. V. Strategies for Russian Companies to Adapt to the 2022 Sanctions // Journal of the New Economic Association. 2023. No. 3(60). P. 172–180.
12. Hong Liu, Zhao Xiaobo, Wang Shouyang, et al. Key Scientific Issues of Supply Chain Resilience and Security // China Science Foundation. 2023. Vol. 37. No. 3. P. 418–428.
13. Ni Hongfu, Zhong Daocheng, Fan Zijie. Measurement, Structure, and International Comparison of Risk Exposure of China's Industrial Chains: Based on the Length of the Supply Chain Perspective // World of Management. 2024. Vol. 40. No. 4. pp. 27–45.
14. Zhang Shushan, Gu Cheng. Digitalization of Supply Chains and Supply Chain Resilience // Financial and Economic Studies. 2024. Vol. 50. No. 7. pp. 53–59
15. Zhu Yongguang, Zhang Wufeng, Wang Di, et al. Assessing the Resilience of China's Copper Resources Production and Supply Chain // Resource Science. 2023. Vol. 45. No. 9. pp. 136–142

Импульсивное финансовое поведение домохозяйств в цифровой среде: механизмы формирования и инструменты ограничения

Галаев Николай Николаевич
аспирант, кафедра «Финансы», Московский университет им. А.С. Грибоедова, nik-galaev@yandex.ru

В статье исследуется импульсивное финансовое поведение домохозяйств в условиях цифровизации финансовых услуг. Показано, что цифровая среда выступает не только каналом предоставления финансовых продуктов, но и фактором, влияющим на процесс принятия решений за счёт снижения транзакционных барьеров, особенностей пользовательских интерфейсов и использования цифровых стимулов. На основе поведенческого подхода предложена модель формирования импульсивного финансового решения, включающая последовательность «цифровой стимул – когнитивное искажение – решение – финансовое последствие». Выявлены ключевые поведенческие риски, включая избыточное кредитование, фрагментацию обязательств и потерю контроля над расходами. Систематизированы инструменты ограничения импульсивного поведения, направленные на изменение условий принятия решений в цифровой среде. Результаты исследования могут быть использованы при разработке мер регулирования и проектировании цифровых финансовых сервисов.

Ключевые слова: поведенческие финансы, импульсивное поведение, домохозяйства, цифровые финансовые услуги, когнитивные искажения, кредитное поведение, поведенческие риски.

Введение

За последние годы цифровизация финансовых услуг существенно изменила характер взаимодействия домохозяйств с кредитными, платёжными и инвестиционными продуктами. Мобильные банковские приложения, дистанционная идентификация, онлайн-оформление займов и мгновенные уведомления позволили сократить временные и операционные издержки получения финансовых услуг до минимального уровня. В результате доступ к финансовым инструментам стал практически непрерывным, а сами операции – быстрыми и технически простыми.

При этом упрощение доступа к финансовым продуктам сопровождается изменением условий принятия решений. Если в традиционной модели взаимодействия с финансовыми организациями (например, при личном обращении в банк) процесс оформления продукта предполагал наличие временного интервала между намерением и действием, то в цифровой среде данный интервал практически отсутствует. Решение принимается непосредственно в момент взаимодействия с интерфейсом, что снижает вероятность его дополнительного осмысления.

С позиций поведенческой экономики это означает усиление роли когнитивных искажений в процессе выбора. Работы Daniel Kahneman и Amos Tversky показали, что в условиях ограниченного времени и высокой когнитивной нагрузки человек склонен опираться на интуитивные оценки, а не на последовательный анализ альтернатив [Kahneman, 2011; Tversky, Kahneman, 1974]. В цифровой среде данные условия становятся типичными, что усиливает вероятность принятия решений без должной оценки их последствий.

Дополнительное значение приобретает концепция «архитектуры выбора», разработанная Richard Thaler, согласно которой структура представления информации и организация процесса выбора способны оказывать существенное влияние на итоговое решение [Thaler, Sunstein, 2008]. В цифровых финансовых сервисах архитектура выбора реализуется через интерфейсы приложений, последовательность действий пользователя, визуальные акценты и систему уведомлений, что делает её одним из ключевых факторов формирования поведения.

В этих условиях цифровая среда перестаёт быть нейтральным каналом предоставления финансовых услуг и начинает выступать как активный элемент, влияющий на характер принимаемых решений. Push-уведомления, персонализированные предложения, предзаполненные сценарии действий и иные элементы цифрового взаимодействия могут выступать в роли стимулов, инициирующих финансовые операции без предварительного запроса со стороны пользователя.

Несмотря на это, в научной литературе влияние цифровизации на финансовое поведение домохозяйств чаще рассматривается в контексте повышения доступности услуг и развития финансовых технологий, тогда как её роль как фактора, усиливающего импульсивность решений, раскрыта недостаточно. В то же время именно импульсивные решения – оформление кредита под воздействием уведомления, согласие на увеличение лимита без оценки совокупной нагрузки, совершение инвестиционных операций без анализа – могут становиться отправной точкой ухудшения финансового положения домохозяйств.

Актуальность исследования усиливается и практическими задачами регулирования. В российской практике развитие инструментов защиты заёмщиков, включая расчёт полной стоимости кредита и применение показателя долговой нагрузки, свидетельствует о стремлении ограничить риски, связанные с неэффективным финансовым поведением. При этом отдельные меры, такие как введение периода охлаждения, уже затрагивают механизмы формирования решений и направлены на снижение импульсивности. Вместе с тем учет данных механизмов носит преимущественно фрагментарный характер и не формирует самостоятельного направления регулирования, особенно применительно к цифровой среде, где условия принятия решений существенно трансформируются.

В связи с этим представляется обоснованным рассматривать импульсивное финансовое поведение домохозяйств в цифровой среде как самостоятельный объект анализа, требующий комплексного подхода, учитывающего как когнитивные особенности пользователя, так и характеристики цифровой среды.

Целью настоящей статьи является выявление механизмов формирования импульсивного финансового поведения домохозяйств в цифровой среде и обоснование инструментов его ограничения. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: уточняется со-

держание импульсивного финансового поведения, выделяются ключевые цифровые триггеры, анализируется механизм принятия решений и систематизируются инструменты ограничения импульсивности.

1. Теоретические основания импульсивного финансового поведения в цифровой среде

Финансовое поведение домохозяйств традиционно анализируется в рамках предположения о рациональности экономических агентов, однако эмпирические наблюдения показывают устойчивые отклонения от данной модели. В условиях реального выбора решения принимаются при ограниченной информации, дефиците времени и высокой сложности финансовых продуктов, что приводит к использованию упрощённых стратегий и эвристик вместо последовательного анализа альтернатив [Simon, 1955].

Одной из характеристик такого поведения выступает импульсивность, под которой в рамках настоящего исследования понимается склонность к принятию финансовых решений без достаточной оценки их последствий и сопоставления доступных вариантов. В отличие от случайных ошибок, импульсивность носит системный характер и проявляется в повторяющихся ситуациях, связанных прежде всего с быстрым доступом к финансовым ресурсам и минимальными барьерами к совершению операций.

С позиций поведенческой экономики импульсивное поведение тесно связано с рядом когнитивных искажений. В первую очередь речь идёт о гиперболическом дисконтировании, при котором текущие выгоды переоцениваются по сравнению с будущими издержками. В классических работах Daniel Kahneman и Amos Tversky показано, что в условиях неопределённости и ограниченного времени люди склонны отдавать предпочтение немедленным результатам, даже если это приводит к ухудшению долгосрочного финансового положения [Kahneman, 2011; Tversky, Kahneman, 1974].

В контексте кредитного поведения это проявляется в недооценке будущей долговой нагрузки и переоценке доступности заёмных средств. Заёмщик ориентируется на возможность решения текущей задачи (покупки, покрытия расходов), не придавая достаточного значения совокупным обязательствам, формирующимся в перспективе. Дополнительное значение имеет эффект ограниченного внимания, при котором человек фокусируется на отдельных параметрах финансового продукта (например, размере ежемесячного платежа), игнорируя другие существенные характеристики, включая полную стоимость кредита и структуру дополнительных расходов [Thaler, 1999].

Отдельного внимания заслуживает влияние так называемых «архитектур выбора», описанных в работах Richard Thaler. Согласно данному подходу, структура представления вариантов и последовательность действий могут существенно влиять на итоговое решение, даже если набор альтернатив остаётся неизменным [Thaler, Sunstein, 2008]. В финансовой сфере это означает, что способ подачи информации о продукте, порядок шагов при его оформлении и наличие «дефолтных» опций способны направлять поведение пользователя в определённую сторону.

Развитие цифровых финансовых сервисов усиливает значение указанных эффектов. Если в традиционных формах взаимодействия с финансовыми организациями (например, при посещении офиса) процесс принятия решения сопровождался временными и процедурными ограничениями, то в цифровой среде значительная часть этих ограничений устранена. Оформление кредита или совершение инвестиционной операции осуществляется в течение короткого времени и требует минимальных усилий со стороны пользователя.

В результате импульсивность перестаёт быть ситуативным отклонением и начинает приобретать более устойчивый характер. Цифровая среда формирует условия, при которых решение всё чаще принимается в момент взаимодействия с интерфейсом, без вынесения его в отдельный этап обдумывания. Это позволяет рассматривать импульсивное финансовое поведение не только как следствие индивидуальных когнитивных особенностей, но и как результат взаимодействия человека с технологически организованной средой.

Таким образом, теоретический анализ показывает, что импульсивное финансовое поведение домохозяйств формируется на пересечении когнитивных ограничений и внешних условий принятия решений. В условиях цифровизации роль последних существенно возрастает, что требует выделения цифровой среды в качестве самостоятельного фактора, влияющего на характер финансового поведения.

2. Цифровые триггеры импульсивного финансового поведения домохозяйств

Если в предыдущем разделе импульсивность рассматривалась как характеристика самого субъекта, то в цифровой среде становится очевидным, что значительную роль играет не только внутреннее состояние человека, но и внешние стимулы, которые инициируют и направляют процесс принятия решения. В этом смысле цифровая среда выступает не просто каналом предоставления финансовых услуг, а средой, в которой поведение формируется и управляется через набор специфических триггеров.

Первым и наиболее очевидным фактором является снижение транзакционных барьеров. Оформление кредита, открытие счёта или совершение инвестиционной операции в мобильном приложении требует минимального количества действий и занимает считанные минуты. В результате исчезает важный элемент традиционного финансового поведения – временной разрыв между намерением и действием. Именно этот разрыв в офлайн-среде часто выступал естественным механизмом самоконтроля: необходимость прийти в офис, собрать документы или дождаться решения давала время на переосмысление. В цифровой среде этот «буфер» практически отсутствует, что повышает вероятность спонтанных решений.

Вторым значимым триггером является архитектура пользовательского интерфейса. Структура экранов, порядок действий, расположение кнопок и визуальные акценты формируют так называемый «клиентский путь», который в ряде случаев направляет его к целевому действию. При этом альтернативные сценарии – например, отказ от оформления продукта – могут быть менее очевидными или требовать дополнительных усилий. В результате действие, предлагаемое системой, оказывается когнитивно более «лёгким», чем его отклонение, что повышает вероятность его совершения без дополнительного анализа.

Отдельную роль играют push-уведомления и персонализированные предложения. Сообщения о доступном кредитном лимите, возможности увеличить сумму займа или воспользоваться специальным предложением выступают не столько источником информации, сколько внешним стимулом к действию. Их эффективность усиливается за счёт персонализации и привязки к текущему поведению пользователя. Важно, что такие уведомления нередко формируют ощущение срочности или ограниченности предложения, что дополнительно снижает склонность к обдумыванию решения.

Ещё одним фактором является предзаполнение данных и автоматизация выбора. В цифровых сервисах значительная часть информации уже известна системе и автоматически подставляется в форму заявки. С одной стороны, это снижает издержки пользователя, с другой – создаёт эффект «почти завершённого действия», когда отказ от операции воспринимается как прерывание уже начатого процесса. Это может способствовать тому, что решение доводится до конца без дополнительной проверки его целесообразности.

Наконец, в ряде финансовых сервисов наблюдаются элементы геймификации, включая визуальные эффекты, упрощённые показатели доходности, уведомления о «достижениях» и иные механики, характерные для игровых приложений. В инвестиционных продуктах это может приводить к снижению восприятия риска и формированию отношения к операциям как к игровой активности, а не к финансовому решению с долгосрочными последствиями.

Перечисленные факторы действуют не изолированно, а в совокупности. Их комбинация формирует среду, в которой вероятность импульсивного решения существенно возрастает. Важно, что в большинстве случаев речь идёт не о сознательном стремлении пользователя принять неэффективное решение, а о ситуации, в которой структура выбора и внешние стимулы подталкивают его к быстрому действию без должного уровня рефлексии.

Таким образом, цифровые триггеры можно рассматривать как системный элемент формирования финансового поведения. Они не только активируют уже существующие когнитивные искажения, но и усиливают их влияние за счёт особенностей цифрового взаимодействия. Это позволяет говорить о формировании нового типа среды принятия решений, в которой импульсивность становится более вероятной и, в определённой степени, предсказуемой.

3. Механизм формирования импульсивного финансового решения в цифровой среде

Понимание импульсивного финансового поведения в цифровой среде требует перехода от описания отдельных факторов к анализу их взаимосвязи. Если в рамках классического подхода когнитивные искажения рассматриваются преимущественно как внутренняя характеристика субъекта, то в цифровой среде необходимо учитывать последовательность взаимодействия пользователя с внешними стимулами, которые инициируют и направляют процесс принятия решения.

В этой связи представляется целесообразным рассматривать импульсивное финансовое решение как результат последовательного воздействия ряда элементов, объединённых в единую логическую цепочку. В рамках настоящего исследования предлагается следующая модель:

цифровой стимул → когнитивное искажение → импульсивное решение → финансовое последствие

Данная конструкция позволяет связать особенности цифровой среды с поведенческими механизмами и их экономическими результатами.

Первым элементом выступает цифровой стимул, под которым понимается любое воздействие, инициирующее процесс принятия решения. В цифровой среде такими стимулами могут быть push-уведомления, персонализированные предложения, визуальные элементы интерфейса, автоматические рекомендации или упрощённые сценарии действий. Их общая особенность заключается в том, что они формируют точку входа в процесс выбора, часто без предварительного запроса со стороны пользователя.

На втором этапе происходит активация когнитивного искажения. В зависимости от характера стимула и ситуации это может быть эффект срочности, гиперболическое дисконтирование, ограниченность внимания или склонность к использованию «наиболее простого» варианта действия. Как показано в поведенческих исследованиях, в условиях ограниченного времени и когнитивной нагрузки человек склонен опираться на быстрые интуитивные оценки, что повышает вероятность отклонения от рационального выбора [Kahneman, 2011].

Третий этап представляет собой импульсивное решение, принимаемое без достаточной проработки альтернатив. В отличие от рационального выбора, здесь отсутствует полноценное сравнение вариантов и оценка долгосрочных последствий. Решение носит реактивный характер и непосредственно связано с воздействием исходного стимула.

Заключительным элементом является финансовое последствие, которое может выражаться в росте долговой нагрузки, формировании дополнительных обязательств, увеличении числа транзакций или инвестиционных потерях. Важно, что на данном этапе пользователь уже сталкивается с результатами решения, однако возможность его пересмотра, как правило, ограничена.

Следует подчеркнуть, что данная модель носит не разовый, а воспроизводимый характер. Повторяемость взаимодействия с цифровыми сервисами приводит к формированию устойчивых поведенческих паттернов, при которых импульсивные решения становятся регулярными. В этом смысле цифровая среда способствует не только возникновению отдельных эпизодов импульсивности, но и закреплению соответствующего типа финансового поведения.

Для более наглядного представления предложенного механизма его можно раскрыть через типовые сценарии.

В первом сценарии пользователь получает уведомление о доступном кредитном лимите. Данный стимул активирует эффект немедленного вознаграждения, в результате чего решение об использовании средств принимается без анализа общей долговой нагрузки. Финансовым последствием становится увеличение обязательств, не всегда сопоставимое с реальной платёжеспособностью.

Во втором сценарии пользователь взаимодействует с упрощённым интерфейсом оформления финансового продукта, в котором большинство параметров уже предзаполнены. Это снижает уровень вовлечённости в процесс анализа и усиливает склонность завершить начатое действие. В результате оформляется продукт, условия которого не были полностью осмыслены.

В третьем сценарии инвестиционное приложение использует элементы визуальной стимуляции и уведомления о потенциальной доходности. Это может формировать восприятие операций как менее рискованных, чем они являются в действительности, и приводить к частым и недостаточно обоснованным инвестиционным решениям.

Обобщая представленные примеры, можно сделать вывод о том, что ключевую роль в формировании импульсивного поведения играет не отдельный фактор, а их комбинация. Цифровой стимул задаёт направление действия, когнитивное искажение снижает уровень критического анализа, а упрощённая среда взаимодействия обеспечивает быстрое доведение решения до результата.

Таким образом, предложенная модель позволяет рассматривать импульсивное финансовое поведение как закономерный результат взаимодействия пользователя с цифровой средой, а не как случайное отклонение от рационального выбора. Это, в свою очередь, создаёт основу для разработки инструментов, направленных на ограничение подобных решений за счёт изменения условий их формирования.

4. Поведенческие риски импульсивных финансовых решений домохозяйств

Рассмотренный ранее механизм формирования импульсивного финансового решения позволяет перейти к анализу его последствий. В отличие от единичных ошибок, импульсивные решения, возникающие в цифровой среде, обладают свойством повторяемости, что приводит к накопительному эффекту и формированию устойчивых поведенческих рисков.

В рамках настоящего исследования под поведенческим риском предлагается понимать вероятность ухудшения финансового положения домохозяйства, обусловленную систематическим отклонением его решений от рациональной модели под влиянием когнитивных искажений и особенностей среды принятия решений.

Одним из наиболее распространённых последствий импульсивного поведения является избыточная закредитованность. Быстрый доступ к заёмным средствам, упрощённые процедуры оформления и наличие постоянных цифровых стимулов приводят к тому, что решение о привлечении кредита принимается без оценки совокупной долговой нагрузки. В результате домохозяйство может одновременно обслуживать несколько обязательств, не воспринимая их как единое финансовое бремя.

С этим тесно связано явление фрагментации долговых обязательств. В цифровой среде заимствование часто осуществляется небольшими суммами, распределёнными по различным продуктам и сервисам. Такое дробление затрудняет целостное восприятие задолженности и снижает вероятность её осознанного контроля. В результате возникает ситуация, при которой отдельные обязательства воспринимаются как незначительные, тогда как их совокупность формирует существенную нагрузку на бюджет домохозяйства.

Ещё одним значимым риском является потеря контроля над регулярными платежами. Автоматизация списаний, подписочные модели и привязка платёжных инструментов к цифровым сервисам упрощают совершение операций, но одновременно снижают вовлечённость пользователя в процесс контроля расходов. При отсутствии регулярного пересмотра обязательств это может приводить к накоплению расходов, не соответствующих текущим финансовым возможностям.

Импульсивное поведение также проявляется в сфере инвестиций, где оно принимает форму чрезмерной активности и недооценки риска. Частые операции, основанные на краткосрочных сигналах или визуальных стимулах, могут формировать иллюзию управляемости процесса и приводить к решениям, не подкреплённым анализом. В результате возрастает вероятность финансовых потерь, особенно при неблагоприятных рыночных условиях.

Отдельного внимания заслуживает риск эффекта нарастающей ошибки, при котором первоначально незначительное отклонение от рационального поведения со временем усиливается. Например, оформление одного кредита под воздействием цифрового стимула может привести к последующим заимствованиям для обслуживания предыдущих обязательств. Таким образом формируется траектория, ведущая к ухудшению финансовой устойчивости домохозяйства.

Общей характеристикой указанных рисков является их скрытый характер на ранних стадиях. На начальном этапе импульсивные решения могут не восприниматься как проблемные, поскольку их последствия не носят немедленного и очевидного характера. Однако по мере накопления обязательств и снижения финансовой гибкости домохозяйства данные риски начинают проявляться в виде просрочек, необходимости реструктуризации задолженности и, в крайних случаях, финансовой несостоятельности.

Таким образом, импульсивное финансовое поведение в цифровой среде формирует специфический набор поведенческих рисков, отличающихся постепенным накоплением и сложностью своевременного выявления. Это требует разработки инструментов, направленных не только на устранение последствий, но и на ограничение самих механизмов формирования таких решений.

5. Инструменты ограничения импульсивного финансового поведения домохозяйств в цифровой среде

Выявленные механизмы формирования импульсивных финансовых решений и связанные с ними поведенческие риски позволяют перейти к вопросу о возможностях их ограничения. В отличие от традиционных подходов, ориентированных преимущественно на информирование потребителя, в цифровой среде более эффективными оказываются инструменты, воздействующие непосредственно на условия принятия решения.

С учётом предложенной ранее модели целесообразно рассматривать меры ограничения импульсивного поведения как направленные на отдельные элементы цепочки «стимул – искажение – решение». Это позволяет систематизировать возможные инструменты и оценить их потенциальную эффективность.

Первую группу составляют меры, направленные на снижение интенсивности цифровых стимулов. Речь идёт прежде всего о регулировании push-уведомлений и персонализированных предложений, способных

инициировать импульсивные решения. Ограничение частоты таких уведомлений, запрет на использование формулировок, создающих искусственное ощущение срочности, а также регламентация их содержания позволяют снизить вероятность реактивного поведения со стороны пользователя.

Вторая группа включает инструменты, ориентированные на восстановление временного разрыва между намерением и действием. Практика так называемых «периодов охлаждения» предполагает введение обязательной паузы между принятием решения и его окончательной реализацией. В цифровой среде это может реализовываться через отложенное подтверждение операций или необходимость повторного согласия пользователя. Даже минимальное увеличение времени на принятие решения способно снизить влияние импульсивных факторов.

Третье направление связано с изменением архитектуры пользовательского выбора. В данном случае речь идёт о корректировке интерфейсов таким образом, чтобы действие, связанное с принятием финансового обязательства, требовало большего уровня осознанности. Это может включать обязательное отображение агрегированных показателей долговой нагрузки, акцентирование внимания на полной стоимости кредита, а также равнозначное представление альтернативных сценариев (например, отказа от операции). Подобные меры позволяют сместить баланс от «автоматического» действия к более осмысленному выбору.

Отдельную группу составляют инструменты, направленные на усиление обратной связи о последствиях решений. В цифровых сервисах возможно оперативное предоставление пользователю информации о текущем финансовом положении, включая совокупный объём обязательств, динамику расходов и прогнозируемую нагрузку на бюджет. В отличие от статичной информации, такая обратная связь позволяет связать конкретное решение с его будущими последствиями, снижая влияние гиперболического дисконтирования.

На уровне самих домохозяйств важную роль играют механизмы самоограничения, реализуемые через установление индивидуальных лимитов, отключение отдельных видов уведомлений или использование функций самозапрета на получение кредитов. Хотя эффективность данных инструментов зависит от уровня финансовой дисциплины, их наличие создаёт дополнительный барьер для импульсивных решений.

Следует подчеркнуть, что наибольший эффект достигается при комбинировании различных инструментов. Изолированное применение отдельных мер, как правило, не позволяет существенно изменить поведенческую модель, тогда как комплексный подход, охватывающий как цифровую среду, так и поведение пользователя, способен снизить частоту импульсивных решений.

Вместе с тем необходимо учитывать и потенциальные ограничения предлагаемых мер. Чрезмерное ужесточение требований к цифровым сервисам может снижать удобство их использования и ограничивать доступ домохозяйств к финансовым услугам. Кроме того, пользователи и финансовые организации способны адаптироваться к новым условиям, что требует постоянного совершенствования регуляторных и технологических решений.

Таким образом, эффективное ограничение импульсивного финансового поведения в цифровой среде предполагает переход от исключительно информационного подхода к формированию среды, способствующей более осознанному принятию решений. Это требует согласованных действий регуляторов и финансовых организаций, направленных на изменение условий выбора, а не только на информирование пользователя.

Заключение

Проведённое исследование показало, что импульсивное финансовое поведение домохозяйств в условиях цифровизации приобретает системный характер и не может рассматриваться исключительно как следствие индивидуальных особенностей принятия решений. В отличие от традиционной среды, цифровые финансовые сервисы формируют специфические условия, при которых вероятность импульсивного выбора возрастает за счёт сочетания снижения транзакционных барьеров, особенностей пользовательских интерфейсов и наличия внешних стимулов.

В работе уточнено содержание импульсивного финансового поведения применительно к цифровой среде и показано, что оно формируется на пересечении когнитивных искажений и технологически организованной среды принятия решений. В отличие от подходов, ограничивающихся анализом отдельных поведенческих факторов, предложено рассматривать импульсивное решение как результат последовательного взаимодействия элементов в рамках модели «цифровой стимул – когнитивное искажение – решение – финансовое последствие».

На основе данной модели обосновано, что цифровая среда выступает не нейтральным каналом предоставления финансовых услуг, а активным фактором, способным усиливать склонность домохозяйств к принятию решений без достаточной оценки их последствий. Это позволило выявить специфические поведенческие риски, включая избыточное кредитование, фрагментацию обязательств, потерю контроля над расходами и недооценку финансовых последствий принимаемых решений.

Практическая значимость исследования заключается в систематизации инструментов ограничения импульсивного финансового поведения. Показано, что наиболее эффективные меры связаны не только с информированием потребителя, но и с изменением условий принятия решения, включая регулирование цифровых стимулов, восстановление временного разрыва между намерением и действием, а также корректировку архитектуры пользовательского выбора.

Вместе с тем следует отметить, что предложенные подходы имеют ряд ограничений, связанных с возможностью адаптации участников рынка и необходимостью сохранения баланса между защитой потребителя и доступностью финансовых услуг. Это определяет направления дальнейших исследований, связанные с оценкой эффективности конкретных инструментов и их влияния на поведение различных групп домохозяйств.

Таким образом, результаты исследования расширяют представления о механизмах формирования финансового поведения в цифровой среде и могут быть использованы при разработке поведенчески ориентированной политики регулирования, а также при проектировании цифровых финансовых сервисов с учётом особенностей восприятия и принятия решений пользователями.

Литература

1. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. – New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
2. Tversky A., Kahneman D. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases // Science. – 1974. – Vol. 185. – No. 4157. – P. 1124–1131.
3. Thaler R. H. Mental Accounting Matters // Journal of Behavioral Decision Making. – 1999. – Vol. 12. – No. 3. – P. 183–206.
4. Thaler R. H., Sunstein C. R. Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness. – New Haven: Yale University Press, 2008.
5. Simon H. A. A Behavioral Model of Rational Choice // Quarterly Journal of Economics. – 1955. – Vol. 69. – No. 1. – P. 99–118.
6. Benartzi S., Thaler R. H. Myopic Loss Aversion and the Equity Premium Puzzle // Quarterly Journal of Economics. – 1995. – Vol. 110. – No. 1. – P. 73–92.
7. OECD. Digitalisation and Financial Consumer Protection: Policy Approaches. – Paris: OECD Publishing, 2018.
8. BIS. Big Tech in Finance: Opportunities and Risks // BIS Papers. – 2021. – No. 117.
9. BIS. Financial Consumer Protection in the Digital Age // BIS Bulletin. – 2023. – No. 85.
10. OECD. OECD/INFE Toolkit for Measuring Financial Literacy and Financial Inclusion. – Paris, 2022.
11. Банк России. Основные направления развития финансовой доступности в Российской Федерации на 2022–2024 годы. – М., 2022.
12. Банк России. Обзор финансовой стабильности. – М., 2023.

Impulsive financial behavior of households in the digital environment: formation mechanisms and limitation tools

Galaev N.N.

Finance Department at A.S. Griboedov Moscow University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article examines impulsive financial behavior of households in the context of financial services digitalization. It is shown that the digital environment acts not only as a channel for delivering financial products but also as a factor influencing decision-making processes through reduced transaction barriers, interface design, and digital stimuli. Based on the behavioral approach, a model of impulsive financial decision-making is proposed, including the sequence "digital stimulus – cognitive bias – decision – financial outcome". Key behavioral risks are identified, including excessive borrowing, fragmentation of financial obligations, and loss of control over expenditures. The paper systematizes tools aimed at limiting impulsive behavior by modifying decision-making conditions in the digital environment. The results can be applied in the development of regulatory measures and the design of digital financial services.

Keywords: behavioral finance, impulsive behavior, households, digital financial services, cognitive biases, credit behavior, behavioral risks.

References

1. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. – New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
2. Tversky A., Kahneman D. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases // Science. – 1974. – Vol. 185. – No. 4157. – P. 1124–1131.
3. Thaler R. H. Mental Accounting Matters // Journal of Behavioral Decision Making. – 1999. – Vol. 12. – No. 3. – P. 183–206.
4. Thaler R. H., Sunstein C. R. Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness. – New Haven: Yale University Press, 2008.
5. Simon H. A. A Behavioral Model of Rational Choice // Quarterly Journal of Economics. – 1955. – Vol. 69. – No. 1. – P. 99–118.
6. Benartzi S., Thaler R. H. Myopic Loss Aversion and the Equity Premium Puzzle // Quarterly Journal of Economics. – 1995. – Vol. 110. – No. 1. – P. 73–92.

Прогнозирование динамики кредитного портфеля банковского сектора рф на трёхлений период (2026-2028 гг.)

Ахмедов Фахраддин Насраддин оглы
кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы, учет и аудит», Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, akhmedov_fn@pfur.ru,

Казанков Дмитрий Константинович
аспирант кафедры «Финансы, учет и аудит», Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 1142240479@pfur.ru

В статье рассматривается процесс прогнозирования динамики кредитного портфеля банковского сектора РФ на 2026–2028 гг. с помощью модели множественной регрессии. В качестве факторов выступают: ключевая ставка, уровень инфляции и объём ВВП. В дальнейшем результаты прогноза будут включены в финансовую модель банка. Описанный метод моделирования будет полезен: инвесторам, исследователям и аналитикам. Расчеты были произведены в Microsoft Excel.
Ключевые слова: кредитный портфель, банковский сектор РФ, множественная регрессия, сценарный анализ, прогнозирование.

Цель и методология исследования

Цель настоящего исследования — построение прогноза динамики кредитного портфеля банковского сектора Российской Федерации на трёхлетний период с использованием регрессионной модели. Ранее была разработана финансовая модель, включающая разделы: баланс, отчёт о прибылях и убытках, капитал.

Кредитный портфель составляет более 60 % всех активов банковского сектора, а доля процентных доходов от кредитования на 2025 год достигает 73 %. В связи с этим точность прогнозирования данного показателя критически важна для оценки финансовой устойчивости сектора.

Выбор факторов и подготовка данных

В качестве ключевых макроэкономических факторов, влияющих на динамику кредитного портфеля [4], выбраны показатели, на которые традиционно ориентируется Банк России:

- ключевая ставка [2];
- уровень инфляции [2];
- объём ВВП [3].

Историческая выборка охватывает период с марта 2016 г. по текущий квартал. Для регрессионного анализа использованы помесячные данные по ключевой ставке и инфляции, ежеквартальные — по ВВП и кредитному портфелю. Квартальные показатели агрегированы методом средней за период.

Условные обозначения:

- Y – кредитный портфель и прочие размещенные средства, млрд. руб
- X1- ключевая ставка
- X2-инфляция
- X3-ВВП, млрд. руб.

Проверка условий применимости регрессионного анализа

Перед построением модели проведена проверка на отсутствие мультиколлинеарности между факторами. То есть, нам необходимо убедиться, что между факторами, действующими на нашу переменную, нет тесной корреляции, в то время как между переменной и факторами корреляция должна быть сильной. Рассчитаны коэффициенты линейной корреляции [5] [6] (табл. 1).

Таблица 1
Коэффициенты линейной корреляции

Коэффициенты корреляции				
	y	*x1*	*x2*	*x3*
y	1,00	0,77	0,46	0,51
x1	0,77	1,00	0,49	0,36
x2	0,46	0,49	1,00	0,22
x3	0,51	0,36	0,22	1,00

Анализ матрицы показывает, что корреляция между факторами умеренная (от 0,22 до 0,49), что свидетельствует об отсутствии мультиколлинеарности. При этом наиболее сильная связь наблюдается между зависимой переменной (Y) и ключевой ставкой (X1, коэффициент 0,77). Можно продолжать расчеты.

Построение регрессионной модели

Уравнение множественной регрессии имеет вид :

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

Коэффициенты: b_0, b_1, b_2, b_3 будут определены методом наименьших квадратов в матричной форме. Найдем коэффициенты как решение системы [8] [9]:

$$\begin{cases} nb_0 + b_1 \sum x_{1i} + b_2 \sum x_{2i} + b_3 \sum x_{3i} = \sum y_i \\ b_0 \sum x_{1i} + b_1 \sum x_{1i}x_{1i} + b_2 \sum x_{2i}x_{1i} + b_3 \sum x_{3i}x_{1i} = \sum y_i x_{1i} \\ b_0 \sum x_{2i} + b_1 \sum x_{1i}x_{2i} + b_2 \sum x_{2i}x_{2i} + b_3 \sum x_{3i}x_{2i} = \sum y_i x_{2i} \\ b_0 \sum x_{3i} + b_1 \sum x_{1i}x_{3i} + b_2 \sum x_{2i}x_{3i} + b_3 \sum x_{3i}x_{3i} = \sum y_i x_{3i} \end{cases}$$

Предварительные расчеты подготовим в таблице MS Excel, голубая строка – результирующая, отражающая суммы по столбцу (табл. 2).

Таблица 2

Расчет показателей для решения системы

Дата	y_i	x_{1i}	x_{2i}	x_{3i}	$x_{1i}x_{1i}$	$x_{2i}x_{2i}$	$x_{3i}x_{3i}$	$x_{1i}x_{2i}$	$x_{1i}x_{3i}$	$x_{2i}x_{3i}$	y_ix_{1i}	y_ix_{2i}	y_ix_{3i}
03.2016	43 594,01	0,11	0,07	27 686,57	0,01	0,01	766 546 158,36	0,01	3 045,52	2 021,12	4 795,34	3 182,36	1 206 968 609,45
04.2016	41 924,27	0,11	0,07	29 621,13	0,01	0,01	877 411 342,48	0,01	3 258,32	2 162,34	4 611,67	3 060,47	1 241 844 251,83
05.2016	41 945,43	0,11	0,07	29 621,13	0,01	0,01	877 411 342,48	0,01	3 258,32	2 162,34	4 548,00	3 018,22	1 224 698 356,94
06.2016	41 709,94	0,11	0,08	29 621,13	0,01	0,01	877 411 342,48	0,01	3 110,22	2 221,58	4 379,54	3 128,25	1 235 495 555,03
07.2016	41 435,10	0,11	0,07	31 311,27	0,01	0,01	980 395 629,01	0,01	3 287,68	2 254,41	4 350,69	2 983,33	1 297 385 603,58
08.2016	42 031,47	0,11	0,07	31 311,27	0,01	0,00	980 395 629,01	0,01	3 287,68	2 160,48	4 413,30	2 900,17	1 316 058 705,67
09.2025	121 668,82	0,17	0,08	37 138,30	0,03	0,01	1 379 253 326,89	0,01	6 313,51	2 963,64	20 683,70	9 709,17	4 518 573 137,81
10.2025	122 521,61	0,17	0,08	41 378,83	0,03	0,01	1 712 207 572,17	0,01	6 827,51	3 190,31	20 216,07	9 446,42	5 069 800 871,52
11.2025	124 960,67	0,17	0,07	41 378,83	0,03	0,00	1 712 207 572,17	0,01	6 827,51	2 747,55	20 618,51	8 297,39	5 170 726 320,62
12.2025	126 754,22	0,16	0,06	41 378,83	0,03	0,00	1 712 207 572,17	0,01	6 620,61	2 313,08	20 280,68	7 085,56	5 244 941 321,16
01.2026	127 261,10	0,16	0,06	27 954,08	0,03	0,00	781 430 588,65	0,01	4 472,65	1 677,24	20 361,78	7 635,67	3 557 466 970,25
02.2026	126 297,32	0,16	0,06	27 954,08	0,02	0,00	781 430 588,65	0,01	4 332,88	1 652,09	19 576,08	7 464,17	3 530 525 387,07
03.2026	126 653,35	0,15	0,06	27 954,08	0,02	0,00	781 430 588,65	0,01	4 193,11	1 638,11	18 998,00	7 421,89	3 540 477 878,17
Сумма	**8 614 438,25**	**12,64**	**7,81**	**4 017 562,10**	**1,62**	**0,65**	**134 729 637 342,44**	**0,92**	**426 900,16**	**262 323,00**	**1 031 961,01**	**610 029,57**	**291 842 400 343,52**

Таким образом, система приобретает следующий вид:

$$\begin{cases} 121b_0 + 12{,}64b_1 + 7{,}81b_2 + 4\,017\,562{,}1b_3 = \\ = 8\,614\,438{,}25 \\ 12{,}64b_0 + 1{,}62b_1 + 0{,}92b_2 + 426\,900{,}16b_3 = 1\,031\,961{,}01 \\ 7{,}81b_0 + 0{,}92b_1 + 0{,}65b_2 + 262\,323b_3 = 610\,029{,}57 \\ 4\,017\,562{,}1b_0 + 426\,900{,}16b_1 + 262\,323b_2 + 134\,729\,637\,343{,}44b_3 = \\ = 291\,842\,400\,343{,}52 \end{cases}$$

Коэффициенты уравнения определены методом наименьших квадратов с использованием формул Крамера. Расчёты выполнены в MS Excel с помощью функции МОПРЕД() для вычисления определителей матриц

Вычислим главный определитель матрицы:

$$D = \begin{vmatrix} 121 & 12{,}64 & 7{,}81 & 4\,017\,562{,}1 \\ 12{,}64 & 1{,}62 & 0{,}92 & 426\,900{,}16 \\ 7{,}81 & 0{,}92 & 0{,}65 & 262\,323 \\ 4\,017\,526{,}1 & 426\,900{,}16 & 262\,323 & 134\,729\,637\,342{,}44 \end{vmatrix} = 4\,622\,400\,128{,}56 \neq 0$$

Главный определитель системы не равен нулю, следовательно, система имеет единственное решение. В матрицы вспомогательные определителей мы будем последовательно помещать значения свободных членов: D0 -1 столбец, D1- второй столбец…D3- третий столбец.

$$D_0 = \begin{vmatrix} 8\,614\,438{,}25 & 12{,}64 & 7{,}81 & 4\,017\,562{,}1 \\ 1\,031\,961{,}01 & 1{,}62 & 0{,}92 & 426\,900{,}16 \\ 610\,029{,}57 & 0{,}92 & 0{,}65 & 262\,323 \\ 291\,842\,400\,343{,}52 & 426\,900{,}16 & 262\,323 & 134\,729\,637\,342{,}44 \end{vmatrix} = -210\,589\,323\,986\,520$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} 121 & 8\,614\,438{,}25 & 7{,}81 & 4\,017\,562{,}1 \\ 12{,}64 & 1\,031\,961{,}01 & 0{,}92 & 426\,900{,}16 \\ 7{,}81 & 610\,029{,}57 & 0{,}65 & 262\,323 \\ 4\,017\,526{,}1 & 291\,842\,400\,343{,}52 & 262\,323 & 134\,729\,637\,342{,}44 \end{vmatrix} = 1\,665\,048\,249\,787\,330$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} 121 & 12{,}64 & 8\,614\,438{,}25 & 4\,017\,562{,}1 \\ 12{,}64 & 1{,}62 & 1\,031\,961{,}01 & 426\,900{,}16 \\ 7{,}81 & 0{,}92 & 610\,029{,}57 & 262\,323 \\ 4\,017\,526{,}1 & 426\,900{,}16 & 291\,842\,400\,343{,}52 & 134\,729\,637\,342{,}44 \end{vmatrix} = 342\,387\,675\,950\,306$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} 121 & 12{,}64 & 7{,}81 & 8\,614\,438{,}25 \\ 12{,}64 & 1{,}62 & 0{,}92 & 1\,031\,961{,}01 \\ 7{,}81 & 0{,}92 & 0{,}65 & 610\,029{,}57 \\ 4\,017\,526{,}1 & 426\,900{,}16 & 262\,323 & 291\,842\,400\,343{,}52 \end{vmatrix} = 10\,349\,931\,480{,}08$$

Рассчитываем коэффициенты:

$$b_0 = \frac{D_0}{D} = \frac{-210\,589\,323\,986\,520}{4\,622\,400\,128{,}56} = -45\,558{,}44$$

$$b_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{1\,665\,048\,249\,787\,330}{4\,622\,400\,128{,}56} = 360\,212{,}92$$

$$b_2 = \frac{D_2}{D} = \frac{342\,387\,675\,950\,306}{4\,622\,400\,128{,}56} = 74\,071{,}41$$

$$b_3 = \frac{D_3}{D} = \frac{10\,349\,931\,480{,}08}{4\,622\,400\,128{,}56} = 2{,}24$$

Итоговое уравнение регрессии:

$$y = -45\,558{,}44 + 360\,212{,}92x_1 + 74\,071{,}41x_2 + 2{,}24x_3$$

Оценка качества модели

Коэффициент множественной корреляции R показывает какое количество вариаций признака результата обусловлены признаками-факторами [7]

Коэффициент R, будет рассчитан через матрицу парных коэффициентов корреляции, по формуле:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta r}{\Delta r_1}}$$

где:

- Δr- определеитель матрицы парных коэффициентов корреляции;
- Δr_1- определить матрицы межфакторной корреляции.

$$\Delta r = \begin{vmatrix} 1 & r_{yx1} & r_{yx2} & r_{yx3} \\ r_{yx1} & 1 & r_{x1x2} & r_{x1x3} \\ r_{yx2} & r_{x2x1} & 1 & r_{x2x3} \\ r_{yx3} & r_{x3x1} & r_{x3x2} & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0{,}77 & 0{,}46 & 0{,}51 \\ 0{,}77 & 1 & 0{,}49 & 0{,}36 \\ 0{,}46 & 0{,}49 & 1 & 0{,}22 \\ 0{,}51 & 0{,}36 & 0{,}22 & 1 \end{vmatrix} = 0{,}22$$

$$\Delta r_1 = \begin{vmatrix} 1 & r_{x1x2} & r_{x1x3} \\ r_{x2x1} & 1 & r_{x2x3} \\ r_{x3x1} & r_{x3x2} & 1 \end{vmatrix} = 0{,}66$$

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta r}{\Delta r_1}} = \sqrt{1 - \frac{0{,}22}{0{,}66}} = 0{,}81$$

Полученное значение R=0,81 соответствует сильной линейной связи между зависимой переменной и факторами (по шкале Чеддока, диапазон 0,7–0,9). Это означает, что 81 % вариации кредитного портфеля объясняется включёнными в модель факторами. Оставшиеся 19 % обусловлены неучтёнными в модели факторами.

Прогноз кредитного портфеля на 3 года

Теперь в нашем распоряжении функция, способная спрогнозировать величину кредитного портфеля на основании прогнозных значениях ключевой ставки, ВВП и инфляции. Подстановка прогнозных значений в уравнение регрессии позволила получить оценку кредитного портфеля на 2026–2028 гг.

Прогнозные значения макроэкономических показателей взяты среднее значение результатов макроэкономического опроса Банка России за три первых месяца 2026 г. [1] (табл. 3).

Таблица 3

Результаты макроэкономического опроса Банка России

Показатель	Год	Дата прогноза			$\bar{x} = \frac{\sum x_i n_i}{\sum n_i}$
		Февраль 2026	**Март 2026**	**Апрель 2026**	
ИПЦ (в % дек. к дек. пред. года)	2026	5,3	5,3	5,5	5,38
	2027	4,1	4,1	4,4	4,19
	2028	4,0	4,0	4,0	4,00
Ключевая ставка (в % годовых)	2026	14,1	14,0	14,1	14,07
	2027	10,4	10,3	10,7	10,46
	2028	9,0	8,9	9,0	8,95
ВВП (%, г/г)	2026	0,011	0,010	0,010	0,01
	2027	0,017	0,016	0,015	0,02
	2028	0,018	0,018	0,018	0,02

Анализ результатов и описание сценариев

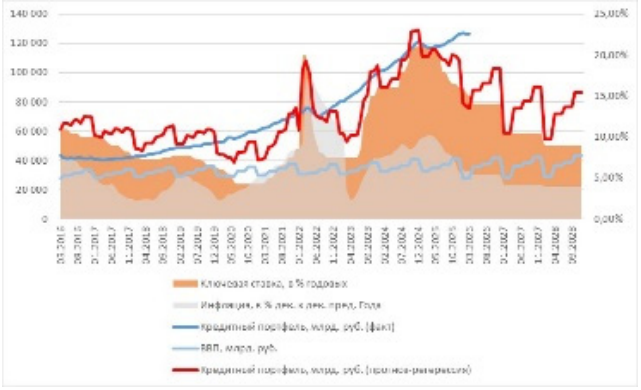


Рис. 1. Прогноз с помощью уравнения множественной регрессии

Первоначальный прогноз, полученный с помощью уравнения множественной регрессии демонстрирует высокую волатильность и резкое снижение величины кредитного портфеля в начале 2025 г. (Рис. 1). Для сглаживания краткосрочных колебаний применён метод скользящего среднего (moving average) с окном в 30 месяцев.

Дополнительно построен линейный прогноз в MS Excel, отражающий долгосрочный тренд без учёта резких изменений факторов (Рис. 2).

Медиана между двумя прогнозными показателями будет считаться наиболее удовлетворительным прогнозом (Рис.2).

Рис. 2. Четыре сценария прогноза величины кредитного портфеля

Полученные сценарии

Сравнение сценариев выявило значительный разброс результатов (Табл. 4):

- **Оптимистичный сценарий** (линейный тренд) предполагает устойчивый рост, игнорируя возможные негативные факторы;
- **Базовый сценарий / пессимистичный** (регрессионная модель) прогнозирует постепенное снижение, что частично согласуется с ожидаемым замедлением инфляции и снижением ключевой ставки;
- **Медианный сценарий / удовлетворительный**, представляющий собой среднее между двумя крайними прогнозами, обеспечивает баланс между риском и потенциальным ростом. Он учитывает как позитивные, так и негативные факторы, избегая крайностей в оценках.
- **Moving Average –** сглаживает волатильность пессимистичного прогноза [8]

Таблица 4
Прогнозные величины кредитного портфеля на конец года

Год	Оптимистичный (линейный)	Базовый/ пессимистичный (регрессия)	Медианный сценарий	Moving Average
2026	135 770,97	102 715,98	116 507,18	104 104,11
2027	144 908,06	90 316,20	112 230,12	89 272,22
2028	154 045,16	86 445,10	108 825,61	79 329,43

Выводы

Построенная регрессионная модель с коэффициентом детерминации R^2=0,6618 (66,18 %) демонстрирует приемлемую точность для среднесрочного прогнозирования.

Ключевые выводы:

- Наибольшее влияние на кредитный портфель оказывает ключевая ставка ЦБ РФ (предельный эффект: +360 млрд руб. на 1 п.п.).
- Модель объясняет 81 % вариаций зависимой переменной, что подтверждает релевантность выбранных факторов.
- Медианный прогноз обеспечивает реалистичные ориентиры для финансовой модели банковского сектора.
- Ограничения модели: прогноз основан на предположении о сохранении текущих тенденций макроэкономических показателей. Резкие изменения внешних условий (санкции, глобальные кризисы) могут снизить точность оценок.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на:

- расширение набора факторов (учёт санкционного давления, безработица и т.д.);
- применение альтернативных методов прогнозирования (ARIMA, машинное обучение);
- сценарный анализ с моделированием кризисных ситуаций.

Литература

1. Банк России. Макроэкономический опрос / Центральный банк Российской Федерации. — Москва : ЦБ РФ, 2025. — URL: https://www.cbr.ru/statistics/ddkp/mo_br/ (дата обращения: 15.04.2026).
2. Банк России. Ключевая ставка Банка России и инфляция. — URL: https://cbr.ru/statistics/ddkp/infl/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.From=01.01.2016&UniDbQuery.To=17.04.2026 (дата обращения: 15.05.2026).
3. Федеральная служба государственной статистики. Система национальных счетов : статистические данные / Федеральная служба государственной статистики. — Москва : Росстат. — URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts (дата обращения: 15.05.2026).
4. Банк России. Статистические данные / Центральный банк Российской Федерации. — Москва : ЦБ РФ, 2026. — URL: https://www.cbr.ru/statistics/ (дата обращения: 10.05.2026).
5. Доугерти, К. Введение в эконометрику : [пер. с англ.] / К. Доугерти. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 465 с.
6. Эконометрика : учебник / И. И. Елисеева, С. В. Курышева, Т. В. Костеева [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Финансы и статистика, 2021. — 576 с.
7. Эконометрика. Начальный курс : учебник / Я. Р. Магнус, П. К. Катышев, А. А. Пересецкий. — 8-е изд. — Москва : Дело, 2022. — 504 с.
8. Носко, В. П. Эконометрика для начинающих. Общие линейные модели регрессии / В. П. Носко. — Москва : ИЭППП РАН, 2023. — 245 с.
9. Френкель, А. А. Парная и множественная регрессия: методы оценки и проверки / А. А. Френкель, Е. В. Адамова. — Москва : Статистика, 2021. — 180 с.

Forecasting the dynamics of the loan portfolio of the Russian banking sector for a three-year period (2026-2028)

Akhmedov F.N. ogly, Kazankov D.K.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article examines the process of forecasting the dynamics of the Russian banking sector's loan portfolio for 2026–2028 using a multiple regression model. The factors used are the key rate, inflation, and GDP. The forecast results will subsequently be incorporated into the bank's financial model. The described modeling method will be useful for investors, researchers, and analysts. Calculations were performed in Microsoft Excel.

Keywords: loan portfolio, Russian banking sector, multiple regression, scenario analysis, forecasting.

References

1. Bank of Russia. Macroeconomic survey / Central Bank of the Russian Federation. - Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2025. - URL: https://www.cbr.ru/statistics/ddkp/mo_br/ (access date: 04/15/2026).
2. Bank of Russia. Bank of Russia key rate and inflation. — URL: https://cbr.ru/statistics/ddkp/infl/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.From=01/01/2016&UniDbQuery.To=04/17/2026 (access date: 05/15/2026).
3. Federal State Statistics Service. System of National Accounts: statistical data / Federal State Statistics Service. — Moscow: Rosstat. — URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts (date of access: 05.15.2026).
4. Bank of Russia. Statistical data / Central Bank of the Russian Federation. - Moscow: Central Bank of the Russian Federation, 2026. - URL: https://www.cbr.ru/statistics/ (access date: 05/10/2026).
5. Dougherty, K. Introduction to econometrics: [trans. from English] / K. Dougherty. — 3rd ed. - Moscow: INFRA-M, 2018. - 465 p.
6. Econometrics: textbook / I. I. Eliseeva, S. V. Kurysheva, T. V. Kosteeva [and others]. — 2nd ed., revised. and additional — Moscow: Finance and Statistics, 2021. — 576 p.
7. Econometrics. Beginning course: textbook / Y. R. Magnus, P. K. Katyshev, A. A. Peresetsky. — 8th ed. — Moscow: Delo, 2022. — 504 p.
8. Nosko, V. P. Econometrics for beginners. General linear regression models / V. P. Nosko. - Moscow: IETPP RAS, 2023. - 245 p.
9. Frenkel, A. A. Paired and multiple regression: methods of assessment and verification / A. A. Frenkel, E. V. Adamova. — Moscow: Statistics, 2021. — 180 p.

Моделирование волатильности финансовых доходностей: обзор методов и подходов

Колтышев Евгений Евгеньевич
аспирант, кафедра финансов и кредита, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, ee.koltyshev@mail.ru

В статье представлен комплексный обзор и систематизация современных методов и подходов к моделированию волатильности доходности финансовых инструментов в контексте оценки рыночного риска. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения точности прогнозных моделей в условиях высокой волатильности глобальных рынков и трансформации рынка РФ на фоне внешних ограничений. Полученные результаты позволяют определить оптимальные подходы к моделированию волатильности для целей оценки показателей Value at Risk (VaR) и Expected Shortfall (ES): в качестве рационального компромисса между вычислительной эффективностью и точностью оценок рекомендуются модели класса GARCH, основанные на лептокуртических распределениях стандартизированных остатков. Статья ориентирована на риск-менеджеров и исследователей в области количественных финансов.

Ключевые слова: волатильность, моделирование доходности, рыночный риск, стоимость под риском, ожидаемые потери.

Введение

Волатильность финансовых доходностей занимает центральное место в теории и практике управления рыночным риском. Точная оценка волатильности является необходимым условием для решения широкого спектра прикладных задач: от расчёта показателей рыночного риска Value at Risk (VaR) и Expected Shortfall (ES) до формирования оптимального инвестиционного портфеля и ценообразования производных финансовых инструментов. Волатильность представляет собой ненаблюдаемую латентную переменную, которая не может быть измерена непосредственно, что обусловливает нетривиальность задачи по ее моделированию.

Интерес к проблеме моделирования волатильности резко возрос после череды финансовых потрясений последних десятилетий: глобального финансового кризиса 2008–2009 гг., европейского долгового кризиса и пандемии COVID-19, спровоцировавших значительные скачки волатильности на мировых рынках. Глобальные рыночные шоки выявили серьёзные недостатки стандартных подходов к оценке рыночного риска и продемонстрировали нерелеватность упрощённых предпосылок о стационарности и нормальности распределения доходностей и их отдельных компонент (риск-факторов). Для российского финансового рынка проблема корректного моделирования волатильности приобретает дополнительную значимость вследствие структурной трансформации рынка РФ, обусловленной внешними ограничениями, которая выразилась в изменении состава участников торгов, ликвидности и микроструктуры рынка. В этих условиях изучение особенностей, преимуществ и ограничений различных методов моделирования волатильности приобретает высокую прикладную значимость для риск-менеджеров, работающих с российскими активами.

За последние четыре десятилетия в научной литературе сформировался значительный массив подходов к моделированию волатильности. Данные подходы можно разделить на несколько основных классов: модели авторегрессионной условной гетероскедастичности (ARCH/GARCH и их многочисленные расширения), модели стохастической волатильности, подходы на основе смесей распределений и марковских моделей переключения режимов, а также модели реализованной волатильности (HAR-RV), использующие высокочастотные данные. Каждый из этих подходов характеризуется специфическими предпосылками, областью применимости и соотношением между вычислительной сложностью и точностью получаемых оценок.

Целью настоящей работы является систематизация современных методов и подходов к моделированию волатильности финансовых доходностей и анализ их применимости для интеграции в модели оценки рыночного риска с учётом соотношения точности и вычислительной сложности.

Статья организована следующим образом. В разделах 1–5 последовательно рассматриваются основные классы моделей волатильности. В разделе 6 представлены итоговые рекомендации по выбору оптимального метода моделирования.

Модели авторегрессионной условной гетероскедастичности

Волатильность финансовых котировок склонна изменяться во времени. В частности, финансовым доходностям свойственна кластеризация волатильности: периоды высокой волатильности часто следуют за значительными изменениями котировок, и напротив малые изменения котировок имеют тенденцию группироваться во времени [15; 34]. Для описания соответствующего эффекта разработаны модели авторегрессионной условной гетероскедастичности. Первая модель этого класса, ARCH, предложенная в работе [15], позволяет моделировать условную дисперсию доходности от квадратов прошлых значений доходности. Обобщением модели ARCH является модель GARCH [7], включающая в уравнение условной волатильности прошлые значения условной дисперсии в дополнение к лагам квадратов доходности. Наиболее широко применяется модель GARCH(1,1), включающая 1 лаг условной дисперсии и 1 лаг квадрата прошлой доходности [28]. Данная модель во многих случаях обеспечивает точность прогнозов волатильности, превосходящую или сопоставимую с более сложными спецификациями, при этом сохраняя простоту оценивания параметров.

Существует множество расширений и обобщений стандартной модели GARCH, позволяющих моделировать различные свойства финан-

совых доходностей. В частности, для описания различной реакции волатильности на разнонаправленные изменения цен акций (эффект рычага) разработаны асимметричные варианты модели GARCH: TGARCH [44], EGARCH [37], GJR-GARCH [21] и другие. Для учета повышенной премии за риск, которую требуют инвесторы в условиях высокой волатильности, в работе [19] предложена модель GARCH–M (GARCH-in-Mean). Для моделирования эффекта долгой памяти, выражающегося в медленном убывании автокорреляции квадратов (и модулей) доходностей, может применяться FIGARCH [4]. Для учета возможных изменений долгосрочной волатильности во времени разработана модель csGARCH [18]. Модели класса GARCH-X позволяют интегрировать экзогенные детерминанты в уравнение условной дисперсии. В частности, различные спецификации моделей GARCH-X применяются для моделирования взаимосвязи между уровнем процентной ставки и волатильностью приращений данной ставки [9], Модели GARCH-MIDAS описывают эффекты макроэкономических индикаторов на волатильность финансовых инструментов [17].

Стандартные модели авторегрессионной условной гетероскедастичности основаны на предпосылке об условном нормальном распределении доходности в каждый момент времени. Отдельный класс формируют комбинированные модели типа GARCH, позволяющие учитывать толстые хвосты распределения доходности с использованием лептокуртических функций распределения (в частности, распределения Стьюдента [8], скошенного распределения Стьюдента [26] и обобщенного нормального распределения [37]). Подобные модели в большинстве случаев позволяют обеспечить более высокую точность, чем стандартный GARCH, как для задач прогнозирования волатильности, так и при оценке рыночного риска с применением показателя VaR [6].

Модели авторегрессионной условной плотности (ACD) [26] являются развитием моделей GARCH. Модели ACD позволяют моделировать динамику не только условных математического ожидания и дисперсии, но и параметров формы распределения, которые определяют его асимметрию и толщину хвостов (эксцесс). Параметры условных эксцесса и асимметрии в моделях ACD как правило имеют авторегрессионную динамику и определяются предшествующими значениями соответствующего параметра и лагами остатков модели [5; 26]. Следует отметить, что существуют эмпирические свидетельства постоянства параметров асимметрии и эксцесса во времени [2], соответственно моделирование динамики данных параметров может являться избыточным.

Модели стохастической волатильности

Отдельный класс формируют модели стохастической волатильности. Отличием данных моделей от моделей типа GARCH является включение стохастического компонента в уравнение дисперсии. Базовая модель стохастической волатильности представлена в работах [30; 36; 40; 42]. Модели [29] и [41] являются развитием представленной «классической» модели и позволяют моделировать эффект возврата к среднему (mean reversion) для волатильности. Модель Хестона [29], имеющая удобное аналитическое решение для оценки европейских опционов и учитывающая эффект рычага, присущий акциям, широко используется для задач оценки деривативов.

Общий недостаток моделей стохастической волатильности состоит в высокой сложности и зачастую нестабильности оценки данных моделей, обусловливающихся сложностью вычисления функции правдоподобия и отделения изменений волатильности от случайных шоков доходности, которая может приводить к нестабильности оценок параметров модели. Кроме того, результаты ряда исследований свидетельствуют о по крайней мере не меньшей [20; 33] и в некоторых случаях большей точности [38] оценок VaR, полученных с применением моделей стохастической волатильности, перед моделями на основе GARCH. При этом, задача оценивания моделей стохастической волатильности является существенно более сложной в сравнении с таковой для моделей GARCH.

Модели на основе смеси распределений

Для моделирования временной изменчивости волатильности и других параметров распределения доходности также могут использоваться смеси распределений. Применение смесей основано на предпосылке о возможности перехода рынка (в целом либо в отношении конкретного финансового инструмента или риск-фактора) между конечным числом режимов, характеризующихся различными параметрами распределения доходности. В работах [12; 30] для моделирования доходности акций предложена смесь нормальных распределений. [10] продемонстрировано, что конечная смесь устойчивых распределений обеспечивает хорошее качество описания приращений доходности облигаций. При этом, модели на основе смеси распределений имеют ряд существенных ограничений [23], включающих сложность определения числа компонент смеси, неспособность моделирования кластеризации волатильности, большое количество параметров (может приводить к нестабильности оценок) и ограниченную интерпретируемость компонент смеси. Специфические ограничения смесей устойчивых распределений обусловливаются особенностями функций устойчивых распределений: бесконечная дисперсия устойчивых распределений и отсутствие явного аналитического выражения для функции плотности могут приводить к нестабильности оценок в рамках таких моделей [23].

Следует отметить, что модели класса GARCH фактически описывают смеси распределений, при этом переход в другой режим с уникальными параметрами осуществляется в каждый момент времени при изменении условной волатильности.

Марковские модели переключения режимов

Развитием подхода, основанного на смеси распределений, являются марковские модели переключения режимов (Markov Switching Models, MSM). Данные модели описывают зависимость текущего состояния рынка от его состояния в прошлый момент времени [22; 24; 25]. Благодаря этому марковские модели переключения режимов учитывают в том числе кластеризацию волатильности. Преимуществом таких моделей является возможность на каждом шаге оценить вероятности перехода рынка в различные режимы в следующий момент времени. Для учета структурных сдвигов волатильности в различных рыночных режимах разработаны гибридные модели MS–GARCH [14; 22]. Модели MSM и MS–GARCH сохраняют ряд недостатков и ограничений, характерных для простых смесей распределений, в числе которых проблема определения оптимального числа режимов и нестабильность оценок на фоне большого количества оцениваемых параметров. Проблема размерности пространства параметров для марковских моделей переключения режимов выражена сильнее, чем у смесей распределений ввиду дополнительной необходимости оценки матрицы вероятностей перехода для каждой пары режимов: построение модели MSM, включающей K режимов, потребует оценки $K(K–1)$ свободных параметров только для матрицы вероятностей перехода.

Модели HAR-RV

Модели класса HAR-RV [13] разработаны для моделирования реализованной волатильности (realized volatility, RV). Для расчета данной меры волатильности и построения моделей HAR-RV используются высокочастотные данные о доходностях или приращениях компонент доходности (например, доходности на интервалах 5 мин. или 10 мин.).

Модели HAR-RV предполагают разделение реализованной волатильности на компоненты, соответствующие различным временным горизонтам. Данный подход базируется на гипотезе о гетерогенности участников рынка [35], которая предполагает разделение участников финансового рынка на группы в соответствии с различными инвестиционными горизонтами (долгосрочные инвесторы, среднесрочные инвесторы и внутридневные трейдеры). Предполагается, что участники рынка, принадлежащие к различным группам, по-разному реагируют на рыночные шоки и поступление новой информации.

Существуют различные модификации и обобщения базовой модели HAR-RV, в частности, включающие экзогенные регрессоры [31] и/или компоненты реализованной волатильности для дополнительных горизонтов. Разработаны гибридные подходы, объединяющие идею использования реализованной волатильности в качестве меры волатильности и GARCH-подобную динамику волатильности [27].

Модели HAR-RV позволяют учитывать эффект долгой памяти. Дополнительным преимуществом этого класса моделей является простота оценивания в сочетании с высокой точностью аппроксимации фактических данных. Существуют эмпирические свидетельства, что модели HAR-RV могут обеспечивать более высокую или аналогичную точность прогнозов волатильности в сравнении с моделями класса GARCH [1; 43]. Модели HAR-RV характеризуются рядом ограничений, включающих требования к наличию базы высокочастотных данных, нерелевантность моделей для неликвидных финансовых инструментов, а также проблему эндогенности, обусловленную построением моделей HAR-RV на данных оценок, а не истинных значений волатильности (что может приводить к «ошибкам измерения» [11]). Следует отметить, что модели класса GARCH могут демонстрировать более высокую точность оценок рыночного риска с применением показателя VaR, чем модели класса HAR-RV [43].

Результаты анализа различных подходов к моделированию динамики волатильности

В настоящей работе проанализированы основные методы моделирования динамики волатильности в задачах по оценке рыночного риска. С

учетом преимуществ и ограничений данных методов в качестве оптимального подхода к моделированию волатильности предлагаются модели класса GARCH (авторегрессионной условной гетероскедастичности), основанные на лептокуртических функциях распределения стандартизированных остатков, позволяющих учитывать тостые хвосты распределения доходности. Точную спецификацию модели необходимо определять на основе анализа особенностей конкретного инструмента и текущего состояния рынка. Для промышленного применения при оценке риска портфелей, включающих большое количество различных финансовых инструментов, для моделирования волатильности отдельных риск-факторов рекомендуется использовать модель GARCH(1,1), обеспечивающую разумный компромисс между точностью, стабильностью и простотой получения оценок. Для построения модели рекомендуется использовать выборку исторических данных глубиной от 2 до 3 лет, поскольку, как продемонстрировано в работе [39], данный объем выборки является оптимальным в части соотношения между обеспечением стабильности параметров модели и учетом структурных сдвигов волатильности. Для оценки корреляций между риск-факторами в рамках портфелей могут использоваться различные виды копул (например, t-копула, учитывающая «хвостовую зависимость», vine-копулы или динамические копулы), а также модель динамической условной корреляции (DCC) [16], позволяющая моделировать временную изменчивость корреляций.

Выводы и заключение

Целью настоящей работы являлась систематизация современных методов и подходов к моделированию волатильности финансовых доходностей и анализ их применимости для интеграции в модели оценки рыночного риска с учётом соотношения точности и вычислительной сложности.

В рамках реализации цели в статье последовательно рассмотрены пять ключевых классов моделей — GARCH и его модификации, модели стохастической волатильности, модели на основе смесей распределений, марковские модели переключения режимов и модели реализованной волатильности HAR-RV — и проанализированы теоретические свойства, эмпирические результаты и практические ограничения для использования данных моделей. По результатам анализа сформированы рекомендации по использованию в задачах по оценке показателей рыночного риска моделей класса GARCH, основанных на лептокуртических распределениях стандартизированных остатков, в качестве рационального компромисса между точностью, вычислительной сложностью и стабильностью оценок.

Эмпирическое подтверждение полученных результатов является перспективным направлением для дальнейших исследований. Также, с точки зрения автора, прикладную значимость имеет сравнительный анализ релевантности различных видов копул и спецификаций модели динамической условной корреляции для целей моделирования взаимосвязи между различными риск-факторами в задачах по оценке рыночного риска для финансовых инструментов на российском рынке. Дополнительным перспективным направлением исследований является оценка качества аппроксимации доходностей на рынке РФ различными лептокуртическими функциями распределения.

Литература

1. Аганин А. Д., Маневич В. А., Пересецкий А. А., Погорелова П. В. Сравнение моделей прогноза волатильности криптовалют и фондового рынка // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2023. Т. 27, № 1. С. 49–77. DOI: 10.17323/1813-8691-2023-27-1-49-77.

2. Анатольев С. А. Объекты неструктурного моделирования временных рядов // Квантиль. 2013. Т. 11. С. 1–11.

3. Andersen T. G., Bollerslev T., Diebold F. X., Labys P. Modeling and Forecasting Realized Volatility // Econometrica. 2003. Vol. 71, № 2. P. 579–625. DOI: 10.1111/1468-0262.00418.

4. Baillie R. T., Bollerslev T., Mikkelsen H. O. Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1996. Vol. 74, № 1. P. 3–30. DOI: 10.1016/S0304-4076(95)01749-6.

5. Bali T. G., Mo H., Tang Y. The Role of Autoregressive Conditional Skewness and Kurtosis in the Estimation of Conditional VaR // Journal of Banking & Finance. 2008. Vol. 32, № 2. P. 269–282. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2007.03.009.

6. Bhattacharyya M., Madhav S. R. A Comparison of VaR Estimation Procedures for Leptokurtic Equity Index Returns // Journal of Mathematical Finance. 2012. Vol. 2, № 1. P. 13–30. DOI: 10.4236/jmf.2012.21002.

7. Bollerslev T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1986. Vol. 31. № 3. P. 307–327. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90063-1.

8. Bollerslev T. A Conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return // The Review of Economics and Statistics. 1987. Vol. 69. № 3. P. 542–547. DOI: 10.2307/1925546.

9. Brenner R. J., Harjes R. H., Kroner K. F. Another Look at Models of the Short-Term Interest Rate // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1996. Vol. 31. № 1. P. 85–107. DOI: 10.2307/2331388.

10. Chan K. C., Pan M. S., Wu H. K. An Investigation of the Empirical Distribution of Bond Returns // Journal of Economics and Business. 1993. Vol. 45. № 2. P. 159–167. DOI: 10.1016/0148-6195(93)90029-N.

11. Cipollini F., Gallo G. M., Otranto E. Realized Volatility Forecasting: Robustness to Measurement Errors // International Journal of Forecasting. 2021. Vol. 37. № 1. P. 44–57. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2020.02.009.

12. Clark P. K. A Subordinated Stochastic Process Model with Finite Variance for Speculative Prices // Econometrica. 1973. Vol. 41. P. 135–155. DOI: 10.2307/1913889.

13. Corsi F. A Simple Approximate Long-Memory Model of Realized Volatility // Journal of Financial Econometrics. 2009. Vol. 7. № 2. P. 174–196. DOI: 10.1093/jjfinec/nbp001.

14. Dueker M. J. Markov Switching in GARCH Processes and Mean-Reverting Stock-Market Volatility // Journal of Business & Economic Statistics. 1997. Vol. 15. № 1. P. 26–34. DOI: 10.20955/wp.1994.015.

15. Engle R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation // Econometrica. 1982. Vol. 50. № 4. P. 987–1007. DOI: 10.2307/1912773.

16. Engle R. Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models // Journal of Business & Economic Statistics. 2002. Vol. 20. № 3. P. 339–350. DOI: 10.1198/073500102288618487.

17. Engle R. F., Ghysels E., Sohn B. Stock Market Volatility and Macroeconomic Fundamentals // Review of Economics and Statistics. 2006. Vol. 95, № 3. P. 776–797. DOI: 10.1162/REST_a_00300.

18. Engle R. F., Lee G. G. A Long-Run and Short-Run Component // Cointegration, Causality, and Forecasting: A Festschrift in honour of Clive W. J. Granger. 1999, 475.

19. Engle R. F., Lilien D. M., Robins R. P. Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M Model // Econometrica. 1987. Vol. 55. P. 391–407. DOI: 10.2307/1913242.

20. Fleming J., Kirby C. A Closer Look at the Relation Between GARCH and Stochastic Autoregressive Volatility // Journal of Financial Econometrics. 2003. Vol. 1. № 3. P. 365–419. DOI: 10.1093/jjfinec/nbg016.

21. Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks // The Journal of Finance. 1993. Vol. 48. № 5. P. 1779–1801. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x.

22. Gray S. F. Modeling the Conditional Distribution of Interest Rates as a Regime-Switching Process // Journal of Financial Economics. 1996. Vol. 42. № 1. P. 27–62. DOI: 10.1016/0304-405X(96)00875-6.

23. Hajjaji O., Manou-Abi S. M., Slaoui Y. Parameter Estimation for Stable Distributions and Their Mixture // Journal of Applied Statistics. 2024. Vol. 52. № 8. P. 1594–1627. DOI: 10.1080/02664763.2024.2434627.

24. Hamilton J. D. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle // Econometrica. 1989. Vol. 57. P. 357–384. DOI: 10.2307/1912559.

25. Hamilton J. D. Analysis of Time Series Subject to Changes in Regime // Journal of Econometrics. 1990. Vol. 45. № 1–2. P. 39–70. DOI: 10.1016/0304-4076(90)90093-9.

26. Hansen B. E. Autoregressive Conditional Density Estimation // International Economic Review. 1994. Vol. 35. P. 705–730. DOI: 10.2307/2527081.

27. Hansen P. R., Huang Z., Shek H. H. Realized GARCH: a Joint Model for Returns and Realized Measures of Volatility // Journal of Applied Econometrics. 2012. Vol. 27. № 6. P. 877–906. DOI: 10.1002/jae.1234.

28. Hansen P. R., Lunde A. A Forecast Comparison of Volatility Models: Does Anything Beat a GARCH (1, 1)? // Journal of Applied Econometrics. 2005. Vol. 20. № 7. P. 873–889. DOI: 10.1002/jae.800.

29. Heston S. L. A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options // The Review of Financial Studies. 1993. Vol. 6. № 2. P. 327–343. DOI: 10.1093/rfs/6.2.327.

30. Hull J., White A. The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities // The Journal of Finance. 1987. Vol. 42. № 2. P. 281–300. DOI: 10.2307/2328253.

31. Kambouroudis D. S., McMillan D. G., Tsakou K. Forecasting Realized Volatility: The Role of Implied Volatility, Leverage Effect, Overnight Returns, and Volatility of Realized Volatility // Journal of Futures Markets. 2021. Vol. 41. № 10. P. 1618–1639. DOI: 10.1002/fut.22241.

32. Kon S. J. Models of Stock Returns: A Comparison // The Journal of Finance. 1984. Vol. 39. № 1. P. 147–165. DOI: 10.2307/2327673.

33. Lehar A., Scheicher M., Schittenkopf C. GARCH vs. Stochastic Volatility: Option Pricing and Risk Management // Journal of Banking & Finance. 2002. Vol. 26. № 2–3. P. 323–345. DOI: 10.1016/S0378-4266(01)00225-4.

34. Mandelbrot B. The Variation of Certain Speculative Prices // Journal of Business. 1963. Vol. 36. № 4. P. 394–419. DOI: 10.1086/294632.

35. Müller U.A., Dacorogna M.M., Davé R.D., Olsen R.B., Pictet O.V., Von Weizsäcker J.E. Volatilities of Different Time Resolutions: Analyzing the Dynamics of Market Components // Journal of Empirical Finance. 1997. Vol. 4. № 2–3. P. 213–239. DOI: 10.1016/S0927-5398(97)00007-8.

36. Nelson D. B. The Time Series Behavior of Stock Market Volatility and Returns: Doctoral dissertation. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 1988.

37. Nelson D. B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New approach // Econometrica. 1991. Vol. 59. № 2. P. 347–370. DOI: 10.2307/2938260.

38. Pederzoli C. Stochastic Volatility and GARCH: A Comparison Based on UK Stock Data // European Journal of Finance. 2006. Vol. 12. № 1. P. 41–59. DOI: 10.1080/13518470500039121.

39. Purchase M. A., Viljoen H., Conradie W. J. Analysing the Symmetric GARCH Model Across Different Sample Sizes // Studies in Economics and Econometrics. 2025. Vol. 49. № 1. P. 1–16. DOI: 10.1080/03796205.2024.2439099.

40. Scott L. O. Option Pricing When the Variance Changes Randomly: Theory, Estimation, and an Application // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1987. Vol. 22. № 4. P. 419–438. DOI: 10.2307/2330793.

41. Stein E. M., Stein J. C. Stock Price Distributions with Stochastic Volatility: An Analytic Approach // The Review of Financial Studies. 1991. Vol. 4. № 4. P. 727–752. DOI: 10.1093/rfs/4.4.727.

42. Taylor S. J. Forecasting the Volatility of Currency Exchange Rates // International Journal of Forecasting. 1987. Vol. 3. № 1. P. 159–170. DOI: 10.1016/0169-2070(87)90085-9.

43. Wong Z. Y., Chin W. C., Tan S. H. Daily Value-at-Risk Modeling and Forecast Evaluation: The Realized Volatility Approach // The Journal of Finance and Data Science. 2016. Vol. 2. № 3. P. 171–187. DOI: 10.1016/j.jfds.2016.12.001.

44. Zakoian J. M. Threshold Heteroskedastic Models // Journal of Economic Dynamics and Control. 1994. Vol. 18. № 5. P. 931–955. DOI: 10.1016/0165-1889(94)90039-6.

Modeling the volatility of financial returns: An overview of methods and approaches

Koltyshev E.E.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article presents a comprehensive review and systematization of contemporary methods and approaches to modelling the volatility of financial instrument returns in the context of market risk assessment. The relevance of the study is driven by the need to enhance the accuracy of forecasting models amid elevated volatility in global markets and the structural transformation of the Russian financial market under external economic restrictions. The findings enable identification of the most suitable volatility modelling approaches for estimating Value at Risk (VaR) and Expected Shortfall (ES), with GARCH-class models based on leptokurtic distributions recommended as providing an optimal balance between computational efficiency and estimation accuracy. The article is intended for risk managers and researchers in quantitative finance.

Keywords: volatility, modeling of returns, market risk, Value at Risk, Expected Shortfall.

References

1. Aganin A. D., Manevich V. A., Peresetsky A. A., Pogorelova P. V. Comparison of Volatility Forecasting Models for Cryptocurrencies and the Stock Market // HSE Economic Journal. 2023. Vol. 27, no. 1. P. 49–77. DOI: 10.17323/1813-8691-2023-27-1-49-77.

2. Anatolyev S. A. Objects of unstructured modeling of time series // Quantile. 2013. Vol. 11. P. 1–11.

3. Andersen T. G., Bollerslev T., Diebold F. X., Labys P. Modeling and Forecasting Realized Volatility // Econometrica. 2003. Vol. 71, № 2. P. 579–625. DOI: 10.1111/1468-0262.00418.

4. Baillie R. T., Bollerslev T., Mikkelsen H. O. Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1996. Vol. 74, № 1. P. 3–30. DOI: 10.1016/S0304-4076(95)01749-6.

5. Bali T. G., Mo H., Tang Y. The Role of Autoregressive Conditional Skewness and Kurtosis in the Estimation of Conditional VaR // Journal of Banking & Finance. 2008. Vol. 32, № 2. P. 269–282. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2007.03.009.

6. Bhattacharyya M., Madhav S. R. A Comparison of VaR Estimation Procedures for Leptokurtic Equity Index Returns // Journal of Mathematical Finance. 2012. Vol. 2, № 1. P. 13–30. DOI: 10.4236/jmf.2012.21002.

7. Bollerslev T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1986. Vol. 31. № 3. P. 307–327. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90063-1.

8. Bollerslev T. A Conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return // The Review of Economics and Statistics. 1987. Vol. 69. № 3. P. 542–547. DOI: 10.2307/1925546.

9. Brenner R. J., Harjes R. H., Kroner K. F. Another Look at Models of the Short-Term Interest Rate // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1996. Vol. 31. № 1. P. 85–107. DOI: 10.2307/2331388.

10. Chan K. C., Pan M. S., Wu H. K. An Investigation of the Empirical Distribution of Bond Returns // Journal of Economics and Business. 1993. Vol. 45. № 2. P. 159–167. DOI: 10.1016/0148-6195(93)90029-N.

11. Cipollini F., Gallo G. M., Otranto E. Realized Volatility Forecasting: Robustness to Measurement Errors // International Journal of Forecasting. 2021. Vol. 37. № 1. P. 44–57. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2020.02.009.

12. Clark P. K. A Subordinated Stochastic Process Model with Finite Variance for Speculative Prices // Econometrica. 1973. Vol. 41. P. 135–155. DOI: 10.2307/1913889.

13. Corsi F. A Simple Approximate Long-Memory Model of Realized Volatility // Journal of Financial Econometrics. 2009. Vol. 7. № 2. P. 174–196. DOI: 10.1093/jjfinec/nbp001.

14. Dueker M. J. Markov Switching in GARCH Processes and Mean-Reverting Stock-Market Volatility // Journal of Business & Economic Statistics. 1997. Vol. 15. № 1. P. 26–34. DOI: 10.20955/wp.1994.015.

15. Engle R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation // Econometrica. 1982. Vol. 50. № 4. P. 987–1007. DOI: 10.2307/1912773.

16. Engle R. Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models // Journal of Business & Economic Statistics. 2002. Vol. 20. № 3. P. 339–350. DOI: 10.1198/073500102288618487.

17. Engle R. F., Ghysels E., Sohn B. Stock Market Volatility and Macroeconomic Fundamentals // Review of Economics and Statistics. 2006. Vol. 95, № 3. P. 776–797. DOI: 10.1162/REST_a_00300.

18. Engle R. F., Lee G. G. A Long-Run and Short-Run Component // Cointegration, Causality, and Forecasting: A Festschrift in honour of Clive W. J. Granger. 1999, 475.

19. Engle R. F., Lilien D. M., Robins R. P. Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M Model // Econometrica. 1987. Vol. 55. P. 391–407. DOI: 10.2307/1913242.

20. Fleming J., Kirby C. A Closer Look at the Relation Between GARCH and Stochastic Autoregressive Volatility // Journal of Financial Econometrics. 2003. Vol. 1. № 3. P. 365–419. DOI: 10.1093/jjfinec/nbg016.

21. Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks // The Journal of Finance. 1993. Vol. 48. № 5. P. 1779–1801. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x.

22. Gray S. F. Modeling the Conditional Distribution of Interest Rates as a Regime-Switching Process // Journal of Financial Economics. 1996. Vol. 42. № 1. P. 27–62. DOI: 10.1016/0304-405X(96)00875-6.

23. Hajjaji O., Manou-Abi S. M., Slaoui Y. Parameter Estimation for Stable Distributions and Their Mixture // Journal of Applied Statistics. 2024. Vol. 52. № 8. P. 1594–1627. DOI: 10.1080/02664763.2024.2434627.

24. Hamilton J. D. A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle // Econometrica. 1989. Vol. 57. P. 357–384. DOI: 10.2307/1912559.

25. Hamilton J. D. Analysis of Time Series Subject to Changes in Regime // Journal of Econometrics. 1990. Vol. 45. № 1–2. P. 39–70. DOI: 10.1016/0304-4076(90)90093-9.

26. Hansen B. E. Autoregressive Conditional Density Estimation // International Economic Review. 1994. Vol. 35. P. 705–730. DOI: 10.2307/2527081.

27. Hansen P. R., Huang Z., Shek H. H. Realized GARCH: a Joint Model for Returns and Realized Measures of Volatility // Journal of Applied Econometrics. 2012. Vol. 27. № 6. P. 877–906. DOI: 10.1002/jae.1234.

28. Hansen P. R., Lunde A. A Forecast Comparison of Volatility Models: Does Anything Beat a GARCH (1, 1)? // Journal of Applied Econometrics. 2005. Vol. 20. № 7. P. 873–889. DOI: 10.1002/jae.800.

29. Heston S. L. A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options // The Review of Financial Studies. 1993. Vol. 6. № 2. P. 327–343. DOI: 10.1093/rfs/6.2.327.

30. Hull J., White A. The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities // The Journal of Finance. 1987. Vol. 42. № 2. P. 281–300. DOI: 10.2307/2328253.

31. Kambouroudis D. S., McMillan D. G., Tsakou K. Forecasting Realized Volatility: The Role of Implied Volatility, Leverage Effect, Overnight Returns, and Volatility of Realized Volatility // Journal of Futures Markets. 2021. Vol. 41. № 10. P. 1618–1639. DOI: 10.1002/fut.22241.

32. Kon S. J. Models of Stock Returns: A Comparison // The Journal of Finance. 1984. Vol. 39. № 1. P. 147–165. DOI: 10.2307/2327673.

33. Lehar A., Scheicher M., Schittenkopf C. GARCH vs. Stochastic Volatility: Option Pricing and Risk Management // Journal of Banking & Finance. 2002. Vol. 26. № 2–3. P. 323–345. DOI: 10.1016/S0378-4266(01)00225-4.

34. Mandelbrot B. The Variation of Certain Speculative Prices // Journal of Business. 1963. Vol. 36. № 4. P. 394–419. DOI: 10.1086/294632.

35. Müller U.A., Dacorogna M.M., Davé R.D., Olsen R.B., Pictet O.V., Von Weizsäcker J.E. Volatilities of Different Time Resolutions: Analyzing the Dynamics of Market Components // Journal of Empirical Finance. 1997. Vol. 4. № 2–3. P. 213–239. DOI: 10.1016/S0927-5398(97)00007-8.

36. Nelson D. B. The Time Series Behavior of Stock Market Volatility and Returns: Doctoral dissertation. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 1988.

37. Nelson D. B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New approach // Econometrica. 1991. Vol. 59. № 2. P. 347–370. DOI: 10.2307/2938260.

38. Pederzoli C. Stochastic Volatility and GARCH: A Comparison Based on UK Stock Data // European Journal of Finance. 2006. Vol. 12. № 1. P. 41–59. DOI: 10.1080/13518470500039121.

39. Purchase M. A., Viljoen H., Conradie W. J. Analysing the Symmetric GARCH Model Across Different Sample Sizes // Studies in Economics and Econometrics. 2025. Vol. 49. № 1. P. 1–16. DOI: 10.1080/03796205.2024.2439099.

40. Scott L. O. Option Pricing When the Variance Changes Randomly: Theory, Estimation, and an Application // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1987. Vol. 22. № 4. P. 419–438. DOI: 10.2307/2330793.

41. Stein E. M., Stein J. C. Stock Price Distributions with Stochastic Volatility: An Analytic Approach // The Review of Financial Studies. 1991. Vol. 4. № 4. P. 727–752. DOI: 10.1093/rfs/4.4.727.

Применение цифровых финансовых сервисов для повышения финансовой устойчивости населения

Комольцев Максим Олегович
студент, кафедра Прикладной математики №2, ГУАП, maks.komoletsev@gmail.com,

Лагутин Михаил Артемович
студент, кафедра Прикладной математики №2, ГУАП, M.lagutin13@yandex.ru

Массовая интеграция алгоритмических систем в повседневные платежные практики граждан порождает институциональное противоречие. По существу, внедрение инновационных банковских интерфейсов, с одной стороны, весомо сокращает транзакционные издержки, демократизирует доступ к сберегательным инструментам. Между тем, иллюзорная легкость оформления микрокредитов и BNPL-продуктов провоцирует спонтанное потребление. Это нередко загоняет уязвимые слои населения в скрытые долговые «ловушки», нивелируя положительные эффекты от роста реальных доходов. Цель в статье заключается в оценке механизмов воздействия технологичных решений на экономическую стабильность российских домохозяйств. На основании анализа эмпирических данных отмечено, что финтех-среда несет в себе амбивалентный потенциал. Итоговый результат применения сервисов жестко детерминирован когнитивными установками конкретного пользователя. Впрочем, фиксируется качественный сдвиг. Рост уровня профильной грамотности напрямую коррелирует с увеличением когорты граждан, которые осознанно управляют личным капиталом. Авторский вклад в развитие проблематики состоит в разработке матрицы оценки приложений, а также в обосновании концепции «алгоритмического трения». Речь идет о целенаправленном внедрении временных задержек при одобрении необеспеченных займов для блокировки импульсивных решений. Одновременно с этим, предложена «архитектура» предиктивного «индекса здоровья бюджета». Материалы статьи будут полезны профильным департаментам Банка России при калибровке национальных стратегий финансовой доступности. Предложенный инструментарий применим в работе продуктовых менеджеров кредитных организаций для проектирования этичных, социально ответственных мобильных экосистем.

Ключевые слова: личные финансы, сервисы рассрочки, финансовая устойчивость домохозяйств, финтех-экосистемы, цифровые финансовые сервисы.

Введение

Проблематика обеспечения материального благополучия домохозяйств занимает одно из центральных мест в макроэкономических и социологических исследованиях. По существу, экономическая стабильность населения выступает в роли фундаментального фактора устойчивого развития национального хозяйства, который определяет уровень внутреннего спроса, качество человеческого капитала, общую общественную динамику.

В современных условиях, по-видимому, невозможно рассматривать данную категорию в отрыве от процессов масштабных технологических преобразований в финансовом секторе. Российский финансовый рынок демонстрирует высокую степень проникновения инновационных технологий в повседневную жизнь граждан.

Как представляется, цифровые финансовые сервисы (ЦФС) перестали быть сугубо транзакционным инструментом, эволюционировав в комплексные экосистемы управления личным капиталом. Впрочем, влияние рассматриваемых инструментов на экономическую стабильность граждан остается неоднозначным. С одной стороны, они снижают транзакционные издержки, содействуют инклюзии, существенно упрощают процесс сбережения. С другой, видимая легкость доступа к кредитным ресурсам, в частности, к микрозаймам и сервисам рассрочки, потенциально способна провоцировать чрезмерную закредитованность.

Разумно предположить, что грамотное использование алгоритмических помощников, приложений для бюджетирования, систем микроинвестирования формирует так называемый «проактивный буфер безопасности». Одновременно с этим, государственная политика, в частности, реализация Основных направлений повышения доступности финансовых услуг в Российской Федерации на период 2025-2027 гг., задает институциональные рамки для безопасного функционирования данного сегмента [8]. Научное осмысление симбиоза технологий и личных финансов требует междисциплинарного подхода, в котором совмещаются поведенческая экономика, юриспруденция, менеджмент.

Материалы и методы

Формирование источниковой базы для данного исследования продиктовано необходимостью разностороннего анализа проблемы, интегрирующего институциональные основы государственной политики, технологические аспекты, социально-психологические детерминанты.

Авторы в своих публикациях применяют дифференцированный спектр методологических подходов. Институциональный ракурс рассмотрения реализуется в трудах Н.В. Годес [2] и нормативных документах Банка России [8], формируя макроэкономический контур финансовой безопасности. О.В. Нариманова [7], О.А. Синиченко, Т.С. Максименко [9], M. Hanlon, K. Yeung, L. Zuo [11] используют методы поведенческой экономики, исследуя когнитивные искажения, нюансы принятия финансовых решений. Социологический и образовательный подходы представлены в работах О.Е. Кузиной, Д.В. Моисеевой [4], Е.А. Кузнецовой, И.С. Винниковой, К.В. Шустовой [5], А.А. Тарарыковой [10], где акцентируется внимание на стратегиях сбережения и снижении долговой нагрузки. Эмпирический срез отражен в материалах деловой периодики [1, 3, 6].

Обзор представленной литературы указывает на смещение фокуса от традиционного финансового просвещения к концепции формирования цифровой среды, которая способствует алгоритмической оптимизации управления персональным бюджетом. Тем не менее, в массиве проанализированных публикаций выявляются пробелы: недостаточно изучена проблема цифрового эксклюзионизма (в частности, возрастные барьеры при использовании финтех-продуктов); практически не исследуется влияние манипулятивного дизайна интерфейсов банковских приложений на стимулирование импульсивного микрокредитования.

В основу написания статьи легли методы систематизации, контент-анализа (научных статей, статистических сводок), обобщения. Их применение обоснованно необходимостью верификации поведенческих концепций в условиях цифровой трансформации и выработки механизмов повышения финансовой резистентности населения.

Результаты и обсуждение

Под финансовой устойчивостью населения в научном дискурсе понимается способность домохозяйства поддерживать привычный уровень

потребления при наступлении неблагоприятных макроэкономических или личностных шоков. Ключевыми детерминантами здесь служат:

- норма сбережений;
- уровень долговой нагрузки;
- диверсификация источников дохода [2, 4, 5, 10].

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что финансовая неустойчивость в России носит массовый характер и, в первую очередь, связана не столько с долгами, сколько с дефицитом ликвидных сбережений. Одновременно структура доходов и ограниченный объем «финансовой подушки» у большинства домохозяйств снижают их способность противостоять экономическим шокам. Многомерная оценка уязвимости семей и базовые значения финансовой неустойчивости (в диапазоне от 56 до 65% при широком подходе) базируются на расчетах научных сотрудников лаборатории экономико-социологических исследований Высшей школы экономики (ВШЭ). Эти данные были аккумулированы в ходе масштабных опросов 2023-2025 гг. с охватом не менее 6 тысяч участников. В сопоставлении с академическими изысканиями ВШЭ, статистика о доле граждан без денежного запаса формировалась фондом «Общественное мнение» (ФОМ). Проводились замеры непосредственно по заказу Центробанка – с опросом около двух тысяч россиян. В свою очередь, макроэкономические уточнения, которые касаются уровня медианной заработной платы в 2025 г., предоставлены аналитиками Института комплексных стратегических исследований [1].

Таблица 1

Показатели финансовой устойчивости и сберегательной активности российских домохозяйств (составлено на основе [1])

Показатель	Значение	Период, выборка, уточнение
Доля российских домохозяйств, которые ВШЭ относит к финансово неустойчивым	56–65%	По оценкам ВШЭ; широкое определение неустойчивости
Главный критерий финансовой неустойчивости	Отсутствие сбережений	Качественный вывод исследования ВШЭ
Доля россиян без накоплений по данным опросов по заказу Банка России	Более 60%	Оценки совпадают с выводами ВШЭ
Доля неустойчивых домохозяйств при широком определении	56–65%	Нет сбережений или высокая долговая нагрузка
Доля неустойчивых домохозяйств при узком определении	20-23%	Нет сбережений при низком материальном положении
Доля домохозяйств, хронически остающихся в «красной зоне»	44%	По широкому определению неустойчивости
Доля респондентов без сбережений или с долгами, которые высоко оценивают шансы найти средства при экономическом шоке	Почти треть	Основание – надежда на помощь близких или резкое сокращение потребления
Доля россиян без денежного запаса в случае потери основного дохода	62%	Март 2026 г.; около 2 тыс. опрошенных, 18+ (данные ФОМ)
Доля россиян, имеющих денежный резерв	34%	
Доля россиян, сообщавших об отсутствии сбережений в последние годы	54-65%	По многолетним опросам ФОМ
Доля респондентов с накоплениями, которым резерва хватило бы на 3-6 месяцев	Почти 40%	Среди имеющих сбережения; март 2026 г.
Доля респондентов с накоплениями, которым резерва хватило бы менее, чем на 3 месяца	Около трети	
Медианная заработная плата	Около 70 тыс. руб.	2025 г. (по данным Института комплексных стратегических исследований)
Соотношение большинства пенсий и пособий к медианной зарплате	В 2-2,5 раза меньше	Сопоставление с медианной зарплатой 2025 г.

Внедрение инновационных технологических разработок трансформирует саму «архитектуру» взаимодействия индивида с денежными потоками.

В сопоставлении с более ранними подходами, когда управление бюджетом требовало значительных волевых и временны́х затрат, современные приложения личного финансового менеджмента (Personal Finance Management, PFM) автоматизируют характеризуемый процесс. Примечательно, что алгоритмы машинного обучения сегодня способны как категоризировать расходы, так и прогнозировать кассовые разрывы домохозяйства на несколько месяцев вперед. Использование цифрового рубля, внедрение которого активно разворачивается в 2026 г., наряду с единым QR-кодом и новыми правилами для сервисов рассрочки, формирует принципиально новую правовую и технологическую среду [6].

С целью структурирования механизмов влияния разработана типология ЦФС по вектору их воздействия на устойчивость бюджета (см. таблицу 2).

Сами по себе технологии нейтральны. Их реальный эффект детерминируется уровнем цифровой финансовой грамотности конечного пользователя. В отличие от предыдущих подходов, которые сфокусированы, главным образом, на академических знаниях (понимании ставки процента или инфляции), сегодня на первый план выходят поведенческие проявления в интерфейсах мобильных банков.

Таблица 2

Матрица воздействия категорий цифровых финансовых сервисов на параметры экономической стабильности домохозяйств (составлено автором)

Категория	Основной механизм	Влияние на устойчивость	Потенциальный сопутствующий риск
PFM-системы и аналитика	Визуализация потоков, автокатегоризация трат	Положительное (снижение спонтанных покупок)	Угроза утечки персональных данных
Автоматические копилки	Микросбережения при транзакциях (округление)	Положительное (формирование «подушки безопасности»)	Иллюзия достаточных сбережений при инфляции
Сервисы рассрочки	Дробление платежа без классического кредита	Неоднозначное (зависит от дисциплины)	Рост скрытой долговой нагрузки индивида
Цифровые инвест-советники	Алгоритмический подбор ценных бумаг и ЦФА	Положительное (защита капитала от обесценивания)	Рыночные риски, ошибки алгоритмических моделей

Для того, чтобы оценить текущую ситуацию, целесообразно обратиться к свежей статистической информации. Согласно результатам исследований от «Альфа-Банк» и агентства ORO, опубликованным в мае 2026 г., наблюдается выраженный рост компетентности граждан в вопросах использования финтех-инструментов. Индекс цифровой финансовой культуры по итогам 2025 г. продемонстрировал рост на 2,2 процентных пункта, достигнув значения 44,5. В этом агрегированном показателе учитывается не только теоретическая база знаний населения, но и реальные практики применения сервисов [3].

Характеристика стратификации пользователей по уровню компетенций представлена в таблице 3.

Таблица 3

Динамика распределения граждан РФ по уровню цифровой финансовой культуры (составлено на основе [3])

Уровень	Доля населения		Изменение, п. п.	Характеристика типичного поведения
	2024 г., %	2025 г., %		
Продвинутый	16,4	19,9	+ 3,5	Активное использование API, смарт-контрактов, диверсификация
Базовый	65,4	64,3	- 1,1	Задействование мобильного банка, СБП, стандартных вкладов
Низкий	18,2	15,8	- 2,4	Предпочтение наличных денег; недоверие к цифровым каналам

Анализируя представленные данные, разумно предположить, что сокращение доли лиц с низким уровнем культуры сопряжено с инклюзивной политикой государства и развитием интуитивно понятных интерфейсов кредитных организаций. Между тем, увеличение когорты продвинутых пользователей до почти 20% указывает на качественный сдвиг: пятая часть экономически активного населения перешла от пассивного потребления услуг к осознанному цифровому управлению капиталом. Государственные инициативы 2026 г., которые включают налоговый кешбэк для семей и больничные для самозанятых, также интегрируются в эту экосистему, повышая прозрачность доходов.

Невзирая на позитивные тренды, обозначенные выше, проблема импульсивного кредитования в один клик остается существенной угрозой для экономической безопасности домохозяйств. В целях смягчения соответствующих рисков и усиления благотворного влияния финтеха перед формулированием итоговых выводов разработаны следующие практические рекомендации:

Так, в поведенческой экономике известно, что легкость совершения операции снижает критичность ее восприятия [7, 9, 11]. Предлагается обязать финансовые платформы на уровне стандартов ЦБ РФ вводить искусственную временную задержку (например, 2-4 часа) на одобрение необеспеченных микрозаймов и BNPL-рассрочек свыше определенного лимита. Данная мера решит проблему спонтанной долговой нагрузки, которая возникает под воздействием маркетинговых триггеров.

В настоящее время благодаря кредитному рейтингу индивид оценивается с позиции банка (вероятность дефолта). Индекс «здоровья бюджета», интегрирующий открытые банковские данные, будет работать в интересах самого гражданина. Он сможет предиктивно указывать на «истощение» сберегательного буфера либо опасное приближение доли обязательных платежей к 50% от дохода. Посредством описываемой рекомендации нивелируется проблема фрагментированного восприятия личных финансов при использовании карт разных банков.

Заключение

Применение инновационных платежных и аналитических инструментов существенно меняет парадигму управления личным капиталом. По сути, цифровизация финансового сектора России к маю 2026 г. достигла того уровня зрелости, когда приложения перестали быть обычным средством перевода средств. Они превратились в полноценные экономические агенты, которые корректируют поведение пользователя. Это оказывает мощное влияние на платежеспособность и стабильность домохозяйств.

Предположение о положительном воздействии цифровизации на финансовую устойчивость находит свое подтверждение, однако этот эффект не является автоматическим. Он жестко детерминирован когнитивными установками потребителей, «архитектурой» выбора, которую формируют интерфейсы банковских приложений. Представленная в статье матрица наглядно демонстрирует, что каждый инновационный продукт несет в себе амбивалентный потенциал (от автоматического формирования «подушки безопасности» до скрытой аккумуляции долгового бремени через механизмы дробной оплаты.

В перспективе дальнейшие изыскания в анализируемой предметной области целесообразно сориентировать на изучение влияния искусственного интеллекта на процесс принятия домохозяйствами долгосрочных инвестиционных решений.

Литература

1. Башкатова А. Почти две трети российских семей финансово неустойчивы // URL: https://www.ng.ru/economics/2026-04-14/1_9475_family.html (дата обращения: 27.05.2026).
2. Годес Н.В. Финансовая безопасность населения в структуре экономической безопасности: институциональный подход // Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь. – 2024. – №. 1 (319). – С. 36-65.
3. Заруцкая Н. У россиян за год вырос уровень цифровой финансовой культуры // URL: https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2026/05/18/1197855-u-rossiyan-za-god-viros-uroven-tsifrovoi-finansovoi-kulturi (дата обращения: 27.05.2026).
4. Кузина О.Е., Моисеева Д.В. Есть ли взаимосвязь между сберегательным поведением населения, доверием к финансовым институтам и установками на сбережение в современной России? // Экономическая социология. – 2024. – Т. 25. – № 3. – С. 51-100.
5. Кузнецова Е.А., Винникова И.С., Шустова К.В. Роль финансового образования в предотвращении долговой нагрузки населения // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 89-2. – С. 226-228.
6. Курносёнкова Д. Что изменится в личных финансах для россиян с 2026 года // URL: https://www.rbc.ru/quote/news/article/694a3f379a79479f8e5e0a59 (дата обращения: 27.05.2026).
7. Нариманова О.В. Поведенческая экономика: интеграция и синергия экономики и психологии // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2023. – Т. 11. – №. 3 (42). – С. 205-218.
8. Основные направления повышения доступности финансовых услуг в Российской Федерации на период 2025-2027 годов. Банк России // URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/170684/onpdfu_2025-2027.pdf (дата обращения: 27.05.2026).
9. Синиченко О.А., Максименко Т.С. Поведенческая экономика: теоретико-методологические основы и современные прикладные аспекты // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2025. – №. 3 (47). – С. 22-29.
10. Тарарыкова А.А. Стратегии формирования пенсионных накоплений как инструмент долгосрочной финансовой устойчивости населения // Цифровая и отраслевая экономика. – 2025. – № 4 (40). – С. 38-44.
11. Hanlon M., Yeung K., Zuo L. Behavioral economics of accounting: A review of archival research on individual decision makers // Contemporary Accounting Research. – 2022. – Т. 39. – №. 2. – С. 1150-1214.

The use of digital financial services to increase the financial stability of the population

Komoltsev M.O., Lagutin M.A.

GUAP

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The massive integration of algorithmic systems into everyday payment practices of citizens generates an institutional contradiction. In fact, the introduction of innovative banking interfaces, on the one hand, significantly reduces transaction costs and democratizes access to savings tools. Meanwhile, the illusory ease of obtaining microcredits and BNPL products provokes spontaneous consumption. This often drives vulnerable segments of the population into hidden debt "traps", offsetting the positive effects of real income growth. The purpose of the article is to assess the mechanisms of the impact of technological solutions on the economic stability of Russian households. Based on the analysis of empirical data, it is noted that the fintech environment has an ambivalent potential. The final result of using the services is rigidly determined by the cognitive attitudes of a particular user. However, a qualitative shift is being recorded. An increase in the level of specialized literacy directly correlates with an increase in the cohort of citizens who consciously manage their personal capital. The author's contribution to the development of the problem consists in the development of an application evaluation matrix, as well as in substantiating the concept of "algorithmic friction". We are talking about the targeted introduction of time delays in the approval of unsecured loans to block impulsive decisions. At the same time, the "architecture" of the predictive "budget health index" is proposed. The materials of the article will be useful to the relevant departments of the Bank of Russia in calibrating national financial accessibility strategies. The proposed toolkit is applicable in the work of product managers of credit institutions to design ethical, socially responsible mobile ecosystems.

Keywords: personal finance, installment services, financial stability of households, fintech ecosystems, digital financial services.

References

1. Bashkatova, A. Almost two-thirds of Russian families are financially unstable // URL: https://www.ng.ru/economics/2026-04-14/1_9475_family.html (accessed: 27.05.2026).
2. Godes, N.V. Financial security of the population in the structure of economic security: an institutional approach // Economic Bulletin of the Research Economic Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus. – 2024. – No. 1 (319). – Pp. 36-65.
3. Zarutskaya, N. Russians' level of digital financial culture has grown over the year // URL: https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2026/05/18/1197855-u-rossiyan-za-god-viros-uroven-tsifrovoi-finansovoi-kulturi (accessed: 27.05.2026).
4. Kuzina, O.E., Moiseeva, D.V. Is there a relationship between the saving behavior of the population, trust in financial institutions and saving attitudes in modern Russia? // Economic Sociology. – 2024. – Vol. 25. – No. 3. – Pp. 51-100.
5. Kuznetsova, E.A., Vinnikova, I.S., Shustova, K.V. The role of financial education in preventing household debt burden // Problems of Modern Pedagogical Education. – 2025. – No. 89-2. – Pp. 226-228.
6. Kurnosyonkova, D. What will change in personal finances for Russians from 2026 // URL: https://www.rbc.ru/quote/news/article/694a3f379a79479f8e5e0a59 (accessed: 27.05.2026).
7. Narimanova, O.V. Behavioral economics: integration and synergy of economics and psychology // Personality in a Changing World: Health, Adaptation, Development. – 2023. – Vol. 11. – No. 3 (42). – Pp. 205-218.
8. Main directions for increasing the availability of financial services in the Russian Federation for the period 2025-2027. Bank of Russia // URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/170684/onpdfu_2025-2027.pdf (accessed: 27.05.2026).
9. Sinichenko, O.A., Maksimenko, T.S. Behavioral economics: theoretical and methodological foundations and modern applied aspects // Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics. – 2025. – No. 3 (47). – Pp. 22-29.
10. Tararykova, A.A. Strategies for the formation of pension savings as a tool for long-term financial stability of the population // Digital and Sectoral Economy. – 2025. – No. 4 (40). – Pp. 38-44.
11. Hanlon, M., Yeung, K., Zuo, L. Behavioral economics of accounting: A review of archival research on individual decision makers // Contemporary Accounting Research. – 2022. – Vol. 39. – No. 2. – Pp. 1150-1214.

Роль экосистем в продвижении банковских продуктов для субъектов малого и среднего предпринимательства

Котляров Сергей Андреевич
аспирант, Оренбургский государственный университет имени В. А. Бондаренко, clafairi@gmail.com

В статье рассматривается роль банковских экосистем в продвижении продуктов для субъектов малого и среднего предпринимательства. Актуальность темы связана с тем, что банк всё чаще выступает не только поставщиком отдельной финансовой услуги, но и частью повседневной инфраструктуры предпринимателя. Цель исследования состоит в раскрытии направлений влияния экосистемного подхода на продвижение банковских продуктов для МСП. На основе научных публикаций, материалов Банка России и открытой отчётности Сбера, Т-Банка и Альфа-Банка выделены основные направления такого влияния: привлечение клиентов, удержание, коммуникация, анализ данных и монетизация клиентских отношений. Сделан вывод о том, что экосистемный подход позволяет рассматривать продвижение не как разовую продажу, а как более длительное сопровождение клиента в процессе ведения бизнеса.

Ключевые слова: банковская экосистема, экосистемный банк, малое и среднее предпринимательство, банковские продукты, продвижение, цифровые сервисы, клиентские отношения, кросс-продажи.

Банковское обслуживание малого и среднего бизнеса в последние годы заметно изменилось. Если раньше взаимодействие предпринимателя с банком чаще всего сводилось к расчётному счёту, кредиту или эквайрингу, то сегодня банк всё чаще стремится стать для клиента цифровой средой ведения бизнеса. Для субъектов МСП это особенно важно, поскольку им требуются не только финансовые продукты, но и сопутствующие сервисы: бухгалтерия, платёжные решения, инструменты для онлайн-торговли, работа с маркетплейсами и управление денежными потоками.

Актуальность темы связана с тем, что продвижение банковских продуктов для МСП уже нельзя рассматривать только как рекламу, прямую продажу или работу менеджера с клиентом. Банк всё чаще взаимодействует с предпринимателем внутри цифровой среды, которой тот пользуется ежедневно. При этом оценить реальный эффект такого продвижения сложно, поскольку банки, как правило, не раскрывают в публичной отчётности показатели стоимости привлечения клиента, жизненной ценности клиента и конверсии по сегменту МСП.

Цель исследования - раскрыть роль банковских экосистем в продвижении продуктов для субъектов малого и среднего предпринимательства. В статье рассматриваются экосистемные модели банков, ориентированные на работу с МСП, а предметом анализа выступают отношения, которые складываются между банком и предпринимателем при продвижении продуктов внутри такой экосистемы. Методическая основа работы включает анализ научных публикаций, материалов Банка России и открытой отчётности Сбера, Т-Банка и Альфа-Банка.

Для раскрытия роли экосистем в банковской сфере необходимо уточнить содержание самого понятия «экосистема». В научной литературе и банковской практике оно используется достаточно широко, однако единый подход к его определению до настоящего времени окончательно не сформирован [8; 13]. Первоначально термин «экосистема» использовался в естественных науках, а позднее был адаптирован к экономическим отношениям для характеристики систем взаимодействия организаций, сервисов и потребителей в рамках единой цифровой среды [9].

В документах Банка России экосистема описывается через платформы и сервисы, позволяющие клиенту получать разные продукты и услуги, включая цифровые и офлайн-решения [7]. Для настоящей статьи важно не столько само наличие таких сервисов, сколько их связь с банковским обслуживанием предпринимателя. Поэтому под экосистемным банком здесь понимается кредитная организация, которая сопровождает клиента не только отдельным продуктом, но и набором финансовых и нефинансовых решений для повседневных задач бизнеса [7; 13].

В российских публикациях банковские экосистемы обычно связывают с изменением самой модели работы банка. Так, О. Д. Жилан и Е. В. Мамонтова обращают внимание на то, что крупнейшие банки всё чаще выходят за рамки традиционных финансовых продуктов и развивают вокруг них нефинансовые сервисы [9]. Д. Ю. Бобошко и Д. М. Трейстарь рассматривают этот процесс через формирование экосистемных моделей российских банков [1]. В свою очередь, Е. А. Тарханова и соавторы делают акцент на сущности, типологии и регулировании банковских экосистем в условиях меняющейся конкурентной среды [13].

Причины перехода банков к экосистемным моделям связаны не только с цифровизацией. На рынке усиливается сходство базовых продуктов: расчётный счёт, кредит, эквайринг или платёжный сервис предлагают многие банки, поэтому конкурировать только тарифом, ставкой или скоростью оформления становится всё труднее [13].

Для малого и среднего бизнеса этот переход особенно ощутим. Предпринимателю, как правило, важен не только сам банковский продукт, но и то, насколько он помогает в текущей работе: принять оплату, посмотреть обороты, вести учёт, работать с маркетплейсами, рассчитываться с сотрудниками и контрагентами. Если банк закрывает не одну отдельную потребность, а несколько таких задач сразу, контакт с клиентом становится более регулярным. За счёт этого банк лучше понимает поведение предпринимателя и получает возможность точнее работать с уже действующей клиентской базой [13].

Поэтому экосистемный подход можно рассматривать не только как следствие цифровизации, но и как способ развития клиентской базы: банк чаще взаимодействует с предпринимателем, лучше понимает его потребности и может предлагать продукты в контексте реальной деятельности бизнеса.

Экосистемы трансформируют каналы взаимодействия с клиентами и принципы формирования банковских предложений. Если продуктовый подход ориентирован преимущественно на продвижение отдельных услуг - расчётно-кассового обслуживания, кредитования, эквайринга или депозитных продуктов, - то экосистемная модель включает эти услуги в более широкий контур повседневного обслуживания бизнеса [9; 10].

На практике влияние экосистем можно разложить на несколько механизмов. Банк получает дополнительные точки входа к клиенту, удерживает предпринимателя внутри цифровой среды, накапливает сведения о его операциях и может предлагать продукт не заранее и не отвлеченно, а тогда, когда у бизнеса появляется соответствующая потребность [10; 13]. Такой подход ближе к поведенческой модели продвижения, чем к обычной рекламе банковских услуг.

Отсюда вытекает основная роль экосистемы. Она не просто увеличивает количество продуктов банка, а меняет момент и контекст их продвижения. Банк видит не только заявку на кредит или открытие счета, но и текущие расчеты, платежи, онлайн-продажи, учетные операции. Поэтому предложение продукта оказывается ближе к реальной хозяйственной ситуации предпринимателя.

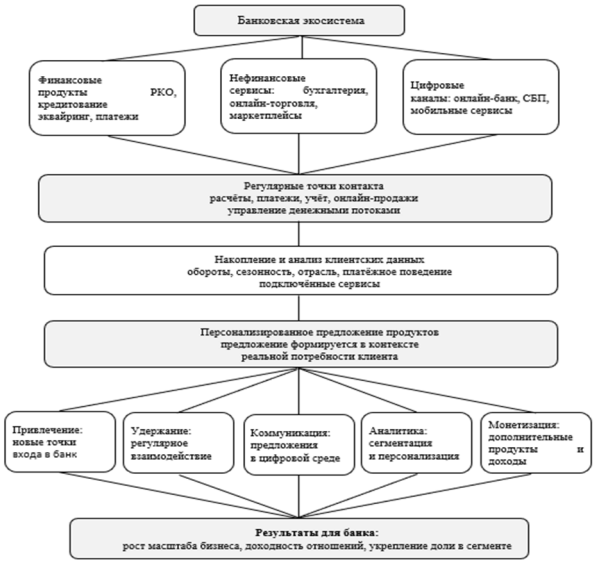


Рисунок 1 - Механизм влияния банковской экосистемы на продвижение продуктов для субъектов МСП

Представленная схема показывает, что влияние экосистемы на продвижение банковских продуктов возникает не за счёт простого расширения продуктовой линейки, а за счёт постоянного присутствия банка в бизнес-процессах предпринимателя. Регулярные точки контакта позволяют банку накапливать данные, точнее понимать потребности клиента и предлагать продукты в более подходящий момент.

Первое направление связано с привлечением клиентов: экосистема создаёт дополнительные точки входа предпринимателя в банк через расчётно-кассовое обслуживание, регистрацию бизнеса, эквайринг, платёжные сервисы, бухгалтерию и другие прикладные решения.

Второе направление связано с удержанием клиента. Объединение нескольких сервисов в единой цифровой среде повышает регулярность взаимодействия предпринимателя с банком и усиливает значение банка как инфраструктурного партнёра.

Третье направление имеет информационно-аналитический характер. Использование расчётных, платёжных, кредитных и нефинансовых сервисов формирует массив данных об оборотах, сезонности, отраслевой принадлежности и платёжном поведении клиента.

Четвертое направление связано с коммуникацией. В экосистемной модели часть предложений возникает не во внешней рекламе, а внутри привычных для клиента сервисов: онлайн-банка, платежных инструментов, сервисов учета или торговли. Для банка это возможность обратиться к предпринимателю в момент, когда потребность уже сформировалась или стала более заметной.

Пятое направление связано с монетизацией клиентских отношений. Чем больше сервисов предприниматель использует в одном банке, тем выше потенциал кросс-продаж, комиссионных продуктов и дополнительных решений. При этом речь идет не только о росте выручки банка, но и о более глубокой работе с уже привлеченной клиентской базой.

В итоге роль экосистем для МСП можно описать как переход от разовой продажи к более длительному сопровождению бизнеса. Привлечение, удержание, анализ данных, коммуникация и монетизация показывают, через какие каналы эта роль проявляется в практической работе банка.

Так как прямые маркетинговые показатели по сегменту МСП в открытых источниках почти не раскрываются, в статье используются более доступные индикаторы. К ним относятся динамика кредитования МСП, размер клиентской базы, объём средств на счетах предпринимателей, развитие платёжной инфраструктуры, подключение к цифровым сервисам и участие клиентов в программах лояльности.

Таблица 1

Направления влияния банковских экосистем на продвижение продуктов для субъектов МСП

Направление влияния экосистемы	Что показывает	Показатели для анализа	Источники данных
Привлечение клиентов	Способность банка расширять базу МСП	число бизнес-клиентов, прирост клиентов, подключение к сервисам	отчётность банков, данные ЦБ
Удержание клиентов	Регулярность взаимодействия клиента с банком	остатки на счетах МСП, использование программ лояльности, платёжная активность	отчётность банков
Информационно-аналитическое направление	Возможность персонализации предложений	данные о транзакциях, оборотах, отрасли, подключённых сервисах	банковские цифровые платформы, отчётность банков
Коммуникационное направление	Продвижение внутри цифровой среды клиента	СБП, эквайринг, РКО, онлайн-банк, бизнес-платформы	Банк России, сайты банков
Монетизационное направление	Расширение доходов от клиента	кредитный портфель МСП, комиссионные продукты, кросс-продажи	отчётность банков, данные ЦБ

Выделенные направления далее используются как основа для оценки роли банковских экосистем. Такой подход позволяет связать качественные характеристики продвижения с открытыми количественными данными: клиентской базой, остатками средств на счетах, использованием цифровых каналов, кредитным портфелем и объёмом выдач.

Перейдем к открытым показателям. По данным Банка России, на 01.01.2025 задолженность субъектов МСП по кредитам составила 14,5 трлн. руб. и за 2024 г. выросла на 16,6%. К 01.01.2026 задолженность достигла 14,8 трлн. руб., но прирост за год снизился до 1,7%. При этом объем выданных кредитов в 2025 г. оказался на 14,9% ниже уровня 2024 г. [4; 5]. Эти данные показывают, что для продвижения банковских продуктов одного кредитного канала уже недостаточно.

Значение регулярных цифровых контактов подтверждается статистикой СБП. На 01.01.2025 к системе были подключены 224 кредитные организации и 2,2 млн торгово-сервисных предприятий, из которых 1,8 млн являлись субъектами МСП. В 2024 г. через СБП было проведено 13,4 млрд операций на сумму 69,5 трлн. руб. [6]. Эти данные показывают, что платёжная инфраструктура становится одной из регулярных точек взаимодействия банка и предпринимателя.

Для практического анализа выбраны Сбер, Т-Банк и Альфа-Банк. Такой выбор связан с тем, что эти банки по-разному выстраивают работу с малым и средним бизнесом. Сбер показывает модель крупной универсальной экосистемы, Т-Банк - цифровую модель дистанционного обслуживания, а Альфа-Банк - гибридный подход, где онлайн-сервисы сочетаются с физическим присутствием и персональным сопровождением.

На примере Сбера роль экосистемы проявляется прежде всего через масштаб кредитования и сопровождения бизнеса. По данным МСФО за 2024 г., кредитный портфель клиентов малого и среднего бизнеса составил 6,7 трлн. руб., увеличившись на 19% с начала года, а доля Сбера на рынке кредитования МСП выросла до 45,9%. Число активных корпоративных клиентов достигло 3,3 млн компаний, из которых более 650 тыс. пользовались программой лояльности «СберБизнес Спасибо» [11].

Динамика 2025 г. дополнительно подтверждает усиление рыночной позиции Сбера: кредитный портфель клиентов малого и среднего бизнеса достиг 7,3 трлн. руб., а доля на рынке кредитования МСП составила 49,3% [12]. По сравнению с 2024 г. портфель вырос примерно на 9,0%, а доля банка увеличилась на 3,4 п.п. Следовательно, экосистема Сбера проявляется не только как канал продажи кредитных продуктов, но и как механизм удержания клиентов и укрепления позиции банка в сегменте МСП.

Т-Банк показывает цифровой вариант экосистемного влияния. По данным Т-Технологий, в 2024 г. группа обслуживала более 1,5 млн кли-

ентов в сегменте МСП, а остаток денежных средств на их счетах составлял 337 млрд руб. [15]. Для сравнения, по итогам 2023 г. группа обслуживала более 1,2 млн клиентов МСП с остатками 268 млрд руб. [14].

Расчеты по данным Т-Технологий дают иную картину. Клиентская база Т-Банка в сегменте МСП увеличилась примерно на 25%, а остатки средств на счетах - на 25,7%. Средний объем средств на одного клиента почти не изменился: около 223 тыс. руб. в 2023 г. и около 225 тыс. руб. в 2024 г. Поэтому рост клиентской базы не выглядит формальным: операционная вовлеченность предпринимателей в цифровую среду банка в целом сохранилась.

Альфа-Банк в сегменте МСП можно рассматривать как пример гибридной модели, где цифровые сервисы сочетаются с физическим присутствием и персональным сопровождением. В 2024 г. банк выдал кредитов малому и среднему бизнесу на 1772320 млн. руб.; кредитный портфель МСП на 01.01.2025 составил 748651 млн. руб., увеличившись на 27,3% [3].

Рост числа клиентов малого и среднего бизнеса на 23% за 2024 г. и приближение их количества к 2 млн позволяют рассматривать гибридную модель как способ расширения клиентской базы [2]. В первом полугодии 2025 г. число клиентов МСП превысило 2,1 млн, а чистые процентные доходы банка выросли на 27% [1]. Эти показатели не позволяют напрямую рассчитать эффективность продвижения в сегменте МСП, но показывают связь расширения клиентской базы с ростом доходных показателей и рыночных позиций банка.

Для сопоставления банков отдельные показатели представлены не только в абсолютном выражении, но и в виде производных индикаторов.

Таблица 2

Производные показатели оценки роли банковских экосистем в продвижении продуктов для субъектов МСП

Банк	Исходные данные	Производный показатель	Интерпретация
Сбер	Портфель МСП: 6,7 трлн. руб. в 2024 г.; 7,3 трлн. руб. в 2025 г.	рост около 9,0%	масштабирование кредитного бизнеса в МСП
Сбер	Доля на рынке кредитования МСП: 45,9% в 2024 г.; 49,3% в 2025 г.	рост на 3,4 п.п.	укрепление рыночной позиции
Т-Банк	Клиенты МСП: 1,2 млн в 2023 г.; 1,5 млн в 2024 г.	рост около 25%	масштабирование цифровой клиентской базы
Т-Банк	Средства клиентов МСП: 268 млрд руб. в 2023 г.; 337 млрд руб. в 2024 г.	рост около 25,7%	рост операционной вовлечённости
Альфа-Банк	Клиенты МСП: около 2 млн в 2024 г.; более 2,1 млн в I полугодии 2025 г.	рост не менее 5%	расширение клиентской базы
Альфа-Банк	Портфель МСП: 748 651 млн руб.; около 2 млн клиентов МСП	около 374 тыс. руб. на клиента	ориентировочная оценка кредитной монетизации

Представленные расчёты имеют ориентировочный характер, поскольку банки раскрывают показатели в разной структуре. Тем не менее они позволяют сопоставить проявление экосистемной стратегии по масштабу клиентской базы, глубине отношений с клиентами и рыночной позиции банка.

Если сопоставить данные по Сберу, Т-Банку и Альфа-Банку, становится видно, что экосистемная модель у каждого банка имеет собственный акцент. У Сбера это прежде всего масштаб кредитования и высокая доля на рынке МСП. У Т-Банка - регулярное цифровое обслуживание предпринимателей. У Альфа-Банка - сочетание онлайн-сервисов с офисным и консультационным сопровождением. Поэтому в работе роль экосистем оценивается не через один показатель, а через несколько доступных индикаторов: кредитный портфель, число клиентов, остатки на счетах, использование платёжной инфраструктуры и участие в программах лояльности.

Полученные выводы требуют осторожной интерпретации. Главное ограничение связано с тем, что банки не раскрывают прямые данные о стоимости привлечения клиента, жизненной ценности клиента и конверсии применительно к субъектам МСП. Кроме того, показатели раскрываются в разной структуре: одни банки дают данные по малому и среднему бизнесу, другие - по корпоративному сегменту в целом. Поэтому результаты исследования следует рассматривать как оценку роли экосистем на основе открытых данных, а не как расчёт прямой маркетинговой эффективности банковских экосистем.

Научная новизна исследования состоит в разработке аналитического подхода к оценке роли банковских экосистем в продвижении продуктов для субъектов МСП. В отличие от работ, где банковская экосистема рассматривается преимущественно как совокупность финансовых и нефинансовых сервисов, в настоящем исследовании она анализируется как механизм изменения отношений банка с предпринимателем - от разовой продажи отдельного продукта к постоянному сопровождению бизнеса.

Авторский подход состоит в том, что роль экосистемы оценивается не абстрактно, а через несколько практических направлений работы банка с предпринимателем. К ним отнесены привлечение клиентов, удержание внутри банковской среды, анализ данных, коммуникация через цифровые каналы и монетизация отношений. Далее эти направления сопоставляются с открытыми показателями, поскольку данные о CAC, LTV и конверсии по МСП банки, как правило, не публикуют.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенный подход можно применять для анализа экосистемного продвижения на базе открытых данных. В качестве таких данных могут использоваться динамика кредитования МСП, число бизнес-клиентов, остатки на счетах, развитие платёжной инфраструктуры и участие клиентов в программах лояльности.

Проведённый анализ позволяет сделать вывод, что банковские экосистемы постепенно меняют характер продвижения продуктов для МСП. Банк уже не только предлагает предпринимателю отдельную услугу, а стремится сопровождать его в текущей деятельности. Для клиента это выражается в комплексном обслуживании: расчётно-кассовом обслуживании, кредитовании, платёжных сервисах, эквайринге, бухгалтерских инструментах и сервисах для онлайн-торговли.

Для банка экосистема выступает инструментом привлечения, удержания, анализа клиентского поведения, персонализированного продвижения и монетизации долгосрочных отношений. Сопоставление данных Сбера, Т-Банка и Альфа-Банка показывает, что роль экосистемы следует оценивать не по одному показателю, а через совокупность индикаторов масштаба, удержания, коммуникации и монетизации клиентских отношений.

Для банков такая аналитическая рамка может быть полезна при мониторинге продвижения продуктов в сегменте МСП. По каждому направлению можно закрепить как открытые, так и внутренние показатели: динамику клиентской базы, кредитного портфеля, доли рынка, остатков на счетах, конверсию в дополнительные продукты, стоимость привлечения клиента, жизненную ценность клиента и частоту использования сервисов.

Литература

1. Альфа-Банк. Альфа-Банк получил 138,2 млрд рублей чистой прибыли за 6 месяцев 2025 года [Электронный ресурс]. - 2025. - URL: https://alfabank.ru/news/t/release/alfa-bank-poluchil-1382-mlrd-rublei-chistoi-pribili-za-6-mesyatsev-2025-goda/
2. Альфа-Банк. Альфа-Банк получил 210 млрд рублей чистой прибыли по результатам МСФО по итогам 2024 года [Электронный ресурс]. - 2025. - URL: https://alfabank.ru/news/t/release/alfa-bank-poluchil-210-mlrd-rublei-chistoi-pribili-po-rezultatam-msfo-po-itogam-2024-goda/
3. Альфа-Банк. Альфа-Банк признан лучшим частным банком по объему выданных кредитов и величине портфеля МСБ 2024 [Электронный ресурс]. - 2025. - URL: https://alfabank.ru/news/t/release/alfa-bank-priznan-luchshim-chastnim-bankom-po-obemu-vidannikh-kreditov-i-velichine-portfelya-msb-2024/
4. Банк России. Аналитический обзор рынка кредитования субъектов малого и среднего предпринимательства по итогам 2024 года [Электронный ресурс]. - Москва : Банк России, 2025. - URL: https://www.cbr.ru/collection/collection/file/55991/inf_material_msp_2024.pdf
5. Банк России. Кредитование субъектов малого и среднего предпринимательства : статистический бюллетень № 12 (67), декабрь 2025 года [Электронный ресурс]. - Москва : Банк России, 2026. - URL: https://www.cbr.ru/collection/collection/file/59685/stat_bulletin_lending_25-12_67.pdf
6. Банк России. Результаты наблюдения в национальной платежной системе за 2024 год [Электронный ресурс]. - Москва : Банк России, 2025. - URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/57103/Results_2024.pdf
7. Банк России. Экосистемы: подходы к регулированию : доклад для общественных консультаций [Электронный ресурс]. - Москва : Банк России, 2021. - URL: https://www.cbr.ru/s/25f9
8. Бобошко Д. Ю., Трейстарь Д. М. Теоретические основы формирования экосистемных моделей российских банков // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. - 2023. - № 3 (45). - С. 94-103. - DOI: 10.57070/2304-4497-2023-3(45)-94-103. - URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-formirovaniya-ekosistemnyh-modeley-rossiyskih-bankov
9. Жилан О. Д., Мамонтова Е. В. Экосистемы банков в России: развитие и перспективы // Baikal Research Journal. - 2025. - Т. 16, № 1. - С. 157-171. - DOI: 10.17150/2411-6262.2025.16(1).157-171. - URL: https://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=27165

10. Леоненко Е. А. Применение инструментов комплекса маркетинга в создании и продвижении банковских продуктов и услуг // Фундаментальные исследования. - 2024. - № 8. - С. 34-42. - DOI: 10.17513/fr.43657. - URL: https://s.fundamental-research.ru/pdf/2024/8/43657.pdf

11. Сбер. Результаты работы Группы Сбер по МСФО за 2024 год [Электронный ресурс]. - 2025. - URL: https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/vazhnoe/article?blockID=8a5ea25e-318c-4d17-a60d-e806c4b0bc07&lang=ru&newsID=1e6a348e-5526-4ae3-b16a-e93fcf4d9c27&regionID=54&type=NEWS

12. Сбер. Сокращенные результаты МСФО за 2025 год [Электронный ресурс]. - 2026. - URL: https://www.sberbank.com/ru/investor-relations/groupresults/ifrs_february26_reporting_for_the_4th_quarter

13. Тарханова Е. А., Борисов Д. С., Тарханова А. В., Фрицлер А. В. Банковские экосистемы: сущность, типология и современные подходы к регулированию в России // Экономика, предпринимательство и право. - 2023. - Т. 13, № 6. - С. 1877-1888. - DOI: 10.18334/epp.13.6.117771. - URL: https://1economic.ru/lib/117771

14. TCS Holding IPJSC reports IFRS results for 4Q and FY 2023 [Electronic resource]. - 2024. - URL: https://www.tbank.ru/about/news/14032024-tcs-holding-ipjsc-reports-ifrs-results-for-4q-and-fy-2023-eng/

15. T-Technologies. IFRS financial results for 4Q and FY 2024 [Electronic resource]. - 2025. - URL: https://tinkoff-group.com/company-info/news/20032025-t-technologies-announces-ifrs-financial-results-for-4q-and-fy-2024-eng/

The role of ecosystems in promoting banking products for small and medium-sized enterprises

Kotlyarov S.A.
Orenburg State University named after V. A. Bondarenko

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article examines the role of banking ecosystems in promoting products for small and medium-sized enterprises. The relevance of the topic is determined by the fact that banks increasingly act not only as providers of a separate financial service, but also as part of the everyday business infrastructure of entrepreneurs. The purpose of the study is to identify the main areas of influence of the ecosystem approach on the promotion of banking products for SMEs. Based on scientific publications, materials of the Bank of Russia and public reports of Sber, T-Bank and Alfa-Bank, the article highlights customer acquisition, retention, communication, data analysis and monetization of customer relationships as the key areas of such influence. It is concluded that the ecosystem approach makes it possible to view promotion not as a one-time sale, but as longer-term support of a client in the course of doing business.

Keywords: banking ecosystem, ecosystem bank, small and medium-sized enterprises, banking products, promotion, digital services, customer relationships, cross-selling.

References

1. Alfa-Bank. Alfa-Bank poluchil 138,2 mlrd rubley chistoy pribyli za 6 mesyatsev 2025 goda [Alfa-Bank received RUB 138.2 billion in net profit for the first six months of 2025]. 2025. Available at: https://alfabank.ru/news/t/release/alfa-bank-poluchil-1382-mlrd-rublei-chistoi-pribili-za-6-mesyatsev-2025-goda/
2. Alfa-Bank. Alfa-Bank poluchil 210 mlrd rubley chistoy pribyli po rezultatam MSFO po itogam 2024 goda [Alfa-Bank received RUB 210 billion in net profit under IFRS for 2024]. 2025. Available at: https://alfabank.ru/news/t/release/alfa-bank-poluchil-210-mlrd-rublei-chistoi-pribili-po-rezultatam-msfo-po-itogam-2024-goda/
3. Alfa-Bank. Alfa-Bank priznan luchshim chastnym bankom po obyemu vydannykh kreditov i velichine portfelya MSB 2024 [Alfa-Bank recognized as the best private bank by the volume of loans issued and the size of the SME portfolio in 2024]. 2025. Available at: https://alfabank.ru/news/t/release/alfa-bank-priznan-luchshim-chastnim-bankom-po-obemu-vidannikh-kreditov-i-velichine-portfelya-msb-2024/
4. Bank of Russia. Analiticheskiy obzor rynka kreditovaniya subyektov malogo i srednego predprinimatelstva po itogam 2024 goda [Analytical review of the lending market for small and medium-sized enterprises based on the results of 2024]. Moscow, Bank of Russia, 2025. Available at: https://www.cbr.ru/collection/collection/file/55991/inf_material_msp_2024.pdf
5. Bank of Russia. Kreditovanie subyektov malogo i srednego predprinimatelstva: statisticheskiy byulleten № 12 (67), dekabr 2025 goda [Lending to small and medium-sized enterprises: statistical bulletin No. 12 (67), December 2025]. Moscow, Bank of Russia, 2026. Available at: https://www.cbr.ru/collection/collection/file/59685/stat_bulletin_lending_25-12_67.pdf
6. Bank of Russia. Rezultaty nablyudeniya v natsionalnoy platezhnoy sisteme za 2024 god [Results of monitoring in the national payment system for 2024]. Moscow, Bank of Russia, 2025. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/57103/Results_2024.pdf
7. Bank of Russia. Ekosistemy: podkhody k regulirovaniyu: doklad dlya obshchestvennykh konsultatsiy [Ecosystems: approaches to regulation: public consultation report]. Moscow, Bank of Russia, 2021. Available at: https://www.cbr.ru/s/25f9
8. Boboshko D. Yu., Treystar D. M. Teoreticheskie osnovy formirovaniya ekosistemnykh modeley rossiyskikh bankov [Theoretical foundations for the formation of ecosystem models of Russian banks]. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta, 2023, no. 3(45), pp. 94-103. DOI: 10.57070/2304-4497-2023-3(45)-94-103. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-formirovaniya-ekosistemnyh-modeley-rossiyskih-bankov
9. Zhilan O. D., Mamontova E. V. Ekosistemy bankov v Rossii: razvitie i perspektivy [Bank ecosystems in Russia: development and prospects]. Baikal Research Journal, 2025, vol. 16, no. 1, pp. 157-171. DOI: 10.17150/2411-6262.2025.16(1).157-171. Available at: https://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=27165
10. Leonenko E. A. Primenenie instrumentov kompleksa marketinga v sozdanii i prodvizhenii bankovskikh produktov i uslug [Application of marketing mix tools in the creation and promotion of banking products and services]. Fundamentalnye issledovaniya, 2024, no. 8, pp. 34-42. DOI: 10.17513/fr.43657. Available at: https://s.fundamental-research.ru/pdf/2024/8/43657.pdf
11. Sber. Rezultaty raboty Gruppy Sber po MSFO za 2024 god [Sber Group IFRS results for 2024]. 2025. Available at: https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/vazhnoe/article?blockID=8a5ea25e-318c-4d17-a60d-e806c4b0bc07&lang=ru&newsID=1e6a348e-5526-4ae3-b16a-e93fcf4d9c27&regionID=54&type=NEWS
12. Sber. Sokrashchennye rezultaty MSFO za 2025 god [Condensed IFRS results for 2025]. 2026. Available at: https://www.sberbank.com/ru/investor-relations/groupresults/ifrs_february26_reporting_for_the_4th_quarter
13. Tarkhanova E. A., Borisov D. S., Tarkhanova A. V., Fritzler A. V. Bankovskie ekosistemy: sushchnost, tipologiya i sovremennye podkhody k regulirovaniyu v Rossii [Banking ecosystems: essence, typology and modern approaches to regulation in Russia]. Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo, 2023, vol. 13, no. 6, pp. 1877-1888. DOI: 10.18334/epp.13.6.117771. Available at: https://1economic.ru/lib/117771
14. TCS Holding IPJSC reports IFRS results for 4Q and FY 2023. 2024. Available at: https://www.tbank.ru/about/news/14032024-tcs-holding-ipjsc-reports-ifrs-results-for-4q-and-fy-2023-eng/
15. T-Technologies. IFRS financial results for 4Q and FY 2024. 2025. Available at: https://tinkoff-group.com/company-info/news/20032025-t-technologies-announces-ifrs-financial-results-for-4q-and-fy-2024-eng/

Долгосрочные эффекты повышения ключевой ставки для экономического роста регионов

Лашков Евгений Игоревич
экономист, преподаватель, факультет Управления и Политики, МГИМО, Djon89@gmail.com

В статье предпринята попытка оценки долгосрочных эффектов повышения ключевой ставки в контексте экономического роста регионов Российской Федерации. Раскрыты теоретические основания влияния денежно-кредитной политики на региональную динамику через кредитный, инвестиционный, производственный и потребительский каналы. Охарактеризованы научные подходы к оценке связи ключевой ставки, реальной стоимости денег, инвестиционной активности и валового регионального продукта. Представлена расчетная модель оценки процентного разрыва и влияния реальной ключевой ставки на рост ВРП с учетом распределенного лага на примере Приволжского федерального округа. Выявлены условия, при которых длительное сохранение высокой реальной ставки способно ограничивать инвестиционный цикл, повышать стоимость заемного финансирования и снижать потенциал будущего роста. Обоснована необходимость дальнейшего применения панельных моделей по субъектам РФ с учетом отраслевой структуры, инвестиций и кредитования юридических лиц. Практическая значимость исследования связана с возможностью использования предложенного подхода при мониторинге региональных рисков и обосновании мер экономической политики на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Ключевые слова: ключевая ставка, экономический рост, региональная экономика, валовой региональный продукт, денежно-кредитная политика, реальная ставка, инвестиции в основной капитал, Приволжский федеральный округ, процентный разрыв, панельная модель.

Введение

Повышение ключевой ставки Банка России относится к числу наиболее выраженных факторов, которые оказывают прямое влияние на условия функционирования национальной экономики. Так, на макроуровне ключевая ставка задает ориентировочную стоимость денег, определяет состояние денежно-кредитной политики, а также воздействует на инфляционные ожидания. В тоже время на региональном уровне ее влияние проявляется через более конкретные процессы, связанные со стоимостью предоставляемых кредитов для предприятий, доступностью инвестиционного финансирования, динамикой оборотного капитала, потребительского спроса и финансовой стабильностью в целом. Тем самым, актуальность рассматриваемой темы усиливается с учетом длительного периода действия повышенных процентных ставок. В частности, если в краткосрочном периоде повышение ключевой ставки может рассматриваться в качестве инструмента сдерживания инфляции, то длительное сохранение высокой реальной ставки имеет иные эффекты. Для регионов их оценка встает особенно остро, поскольку субъекты РФ различаются по отраслевой структуре, доле промышленности, зависимости бизнеса от банковского кредита, бюджетной обеспеченности и роли крупных предприятий в функционировании. Поэтому единая ключевая ставка оказывает различное влияние на регионы.

В научной литературе влияние денежно-кредитной политики на экономический рост рассматривается через несколько проявлений-аспектов. Так, Н.Н. Семенова и О.И. Еремина справедливо отмечают, что воздействие денежно-кредитной политики на рост экономики зависит от того, насколько эффективно процентные изменения передаются в кредитование, инвестиции и деловую активность [7]. Одновременно с этим В.В. Масленников указывает, что современная денежно-кредитная политика России воздействует на экономический рост через изменение стоимости заемных ресурсов и условий финансирования реального сектора [5], а О.В. Баско считает, что влияние ключевой ставки выражается именно в долгосрочной перспективе, поскольку воздействует на решения о капитальных вложениях, которые формируют будущую производительность экономики [1].

Более критическая позиция представлена в исследованиях О.С. Сухарева, а также С.Ю. Глазьева, О.С. Сухарева. Авторы связывают высокую ставку с накопительным торможением экономического роста. По их мнению, давление высоких процентов проявляется постепенно, поскольку сначала ухудшаются условия кредитования, затем сокращается круг окупаемых проектов, после этого замедляется обновление производственной базы [3; 8]. Критически оценивая позицию авторов, отметим, что для региональной экономики подобный эффект особенно выражен, поскольку субъекты РФ часто обладают разной способностью компенсировать удорожание кредита собственными ресурсами или поддержкой со стороны правительства. Именно поэтому региональный аспект исследования влияния ключевой ставки предполагает учет факторов развития территории. Например, Д.С. Бенц рассматривает моделирование факторов экономического роста регионов и указывает на первостепенное значение производственных, инвестиционных и институциональных параметров [2]. В тоже время А.С. Лаврентьев и К.В. Криничанский раскрывают сущность роста регионов через сочетание взаимодополняющих факторов, круг которых определяется персонально [4]. Аналогичным образом, по мнению Е.И. Пискун и В.В. Хохлова, при оценке воздействий на субъекты РФ необходимо проводить факторно-кластерный анализа с учетом различий по уровню развития и структуре экономики [6]. Тем самым обоснованной представления постановка научной задачи, связанной с оценкой долгосрочных эффектов повышения ключевой ставки для экономического роста регионов.

Цель исследования – оценить долгосрочные эффекты повышения ключевой ставки для экономического роста регионов.

Материалы и методы

Материалами исследования выступили научные публикации, посвященные проблемам ключевой ставки, денежно-кредитной политики, экономического роста и регионального развития. В качестве статистической базы использованы данные Банка России по ключевой ставке и среднесрочному прогнозу, данные Росстата по ВРП и инвестициям в основной капитал, а также расчетные показатели по Приволжскому федеральному округу (далее – ПФО). Выбор ПФО обусловлен тем, что округ

характеризует одновременное наличие крупных промышленных центров, аграрных территорий, развитой обрабатывающей промышленности и регионов с различной инвестиционной базой. Структура экономики ПФО позволяет показать, как общероссийская денежно-кредитная политика может интерпретироваться на уровне федерального округа.

Важным уточнением является порядок расчета среднегодовой ключевой ставки. В расчетах используется средневзвешенная величина по числу дней действия каждой ставки в течение года:

$$\bar{KR}_t = \frac{\sum KR_j \times d_j}{D_t},$$

где $\bar{KR}_t$ – среднегодовая ключевая ставка в году t, KR_j – значение ставки в отдельном периоде, d_j – число дней действия данного значения, D_t – число календарных дней в году.

Для оценки жесткости денежно-кредитных условий используется реальная ключевая ставка:

$$r_t^{real} = \bar{KR}_t - \pi_t,$$

где π_t – инфляция за год. Для расчетов используется инфляция декабрь к декабрю предыдущего года, что позволяет сопоставить среднюю стоимость денег с итоговым годовым ростом потребительских цен.

Далее рассчитывается положительный процентный разрыв:

$$Gap_t = \max(r_t^{real} - r^*, 0),$$

где r^* – расчетный нейтральный уровень реальной ставки. В статье он принят равным 2%. Данное значение используется как аналитическое допущение; если реальная ставка ниже 2%, то сдерживающий процентный разрыв в модели принимается равным нулю.

Влияние ставки на рост ВРП с учетом распределенного лага рассчитывается по формуле:

$$E_t = \beta \times Gap_{t-1},$$

где E_t – оценка сдерживания роста ВРП в процентных пунктах, β – коэффициент чувствительности. В расчетной апробации принято значение $\beta = 0{,}35$. Следовательно, превышение реальной ставки над нейтральным уровнем на 1 п.п. в предыдущем году снижает темп роста ВРП следующего года на 0,35 п.п. Данный коэффициент является сценарным, и он введен для демонстрации особенностей расчетов – в перспективе должен уточняться при построении полной эконометрической модели по всем субъектам РФ.

Для оценки долгосрочного эффекта используется распределенный лаг:

$$LRE = \frac{\beta_0 + \beta_1 + \beta_2}{1 - \rho},$$

где β_0, β_1, β_2 – коэффициенты текущего и отложенного влияния ставки, ρ – параметр инерции роста. В целях апробации были заданы следующие значения: -0,10, -0,20, -0,15 соответственно. Тогда:

$$LRE = \frac{-0{,}10 - 0{,}20 - 0{,}15}{1 - 0{,}35} = -0{,}69.$$

Полученный показатель означает, что устойчивое превышение реальной ключевой ставки над нейтральным уровнем на 1 п.п. может снижать долгосрочный темп роста примерно на 0,69 п.п. Указанная величина является расчетным сценарием, проверка которого предполагает построение панельной модели по субъектам РФ:

$$g_{i,t} = \alpha_i + \lambda_t + \beta_1 r_{t-1}^{real} + \beta_2 Inv_{i,t-1} + \beta_3 Credit_{i,t-1} + \beta_4 X_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t},$$

где $g_{i,t}$ – темп роста ВРП региона, $Inv_{i,t-1}$ – инвестиции в основной капитал, $Credit_{i,t-1}$ – кредитование юридических лиц, $X_{i,t-1}$ – контрольные переменные региональной структуры экономики.

Применение лаговых моделей соответствует зарубежной практике; например, M. Hatmanu, C. Cautisanu, M. Ifrim используют ARDL-подход для оценки связи процентной ставки и экономического роста [9], а P. Pamungkas и соавторы раскрывают воздействие денежно-кредитной политики через банковский кредитный канал [10].

Результаты и их обсуждение

Итак, обобщая воззрения современных авторов, отметим, что повышение ключевой ставки влияет на региональный рост через несколько последовательных процессов:

– изменяется стоимость денег;

– затем банковские организации пересматривают ставки по кредитам для предприятий и населения;

– соответственно, изменяются инвестиционные планы, спрос на заемные средства, потребительское поведение и финансовые ожидания бизнеса.

При этом реакция на уровне динамики ВРП возникает не сразу, поскольку часть проектов реализуется, часть расходов закреплена ранее заключенными договорами и т. п. По этой причине наиболее значимым для долгосрочного роста является инвестиционный канал, поскольку при высокой ставке предприятие должно получить более высокую доходность проекта, чтобы оправдать финансирование с использованием заемного капитала. Причем проекты с длительным сроком окупаемости становятся менее привлекательными (проекты модернизации оборудования, расширения производства, строительства новых объектов и внедрения технологий) [1].

Для ПФО влияние ключевой ставки особенно выражено, т.к. большая часть сфер бизнеса зависит от капитальных вложений и оборотного финансирования. Поэтому высокая реальная ставка может снижать будущую траекторию инвестиций и их вклада в ВРП. Так, в табл. 1 представлены исходные данные для расчета. Все значения ВРП и инвестиций приведены в текущих ценах. Среднегодовая ключевая ставка рассчитана по дням действия ставки.

Таблица 1

Исходные данные для расчета по ПФО

Год	ВРП ПФО, млрд руб.	Рост ВРП, %	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	Рост инвестиций, %	Среднегодовая ключевая ставка, %	Инфляция, %	Реальная ставка, %
2019	14103,7	-	2718,5	-	7,33	3,00	4,33
2020	13655,4	-3,18	2828,8	4,06	5,05	4,90	0,15
2021	16878,4	23,60	3118,4	10,24	5,75	8,39	-2,64
2022	19664,5	16,51	3735,7	19,80	10,62	11,94	-1,32
2023	22037,9	12,07	4830,0	29,29	9,95	7,42	2,53

Источник: составлено автором на основании Федеральной службы государственной статистики

Данные показывают, что ВРП ПФО в текущих ценах вырос с 14103,7 млрд. руб. в 2019 г. до 22037,9 млрд. руб. в 2023 г. Номинальный прирост за период составил 56,3%. При этом динамика была неравномерной. В 2020 г. ВРП снизился на 3,18%, что отражает последствия пандемийного шока. В 2021-2022 гг. наблюдался восстановительный и ценовой рост. В 2023 г. ВРП вырос на 12,07% в номинальном выражении.

Инвестиции в основной капитал увеличились с 2718,5 млрд. руб. в 2019 г. до 4830,0 млрд. руб. в 2023 г., их номинальный прирост составил 77,7%. Однако данную динамику нельзя трактовать как однозначное доказательство отсутствия давления процентов по заемным источникам, т.к. в текущих ценах инвестиции возрастают под влиянием инфляции, удорожания строительства, оборудования и материалов. Поэтому для последующей эконометрической проверки нужно использовать индексы физического объема инвестиций.

Расчет реальной ставки иллюстрирует важную особенность, связанную с тем, что фактически в 2020-2022 гг. реальная ставка была около нуля или отрицательной. В указанный период инфляция частично перекрывала номинальную стоимость денег. В 2023 г. реальная ставка стала положительной и достигла 2,53%. В табл. 2 нами представлен расчет положительного процентного разрыва и лагового эффекта:

Таблица 2

Расчет положительного процентного разрыва и лагового эффекта

Год	Реальная ставка, %	Нейтральный уровень, %	Положительный разрыв, п.п.	Лаговый разрыв, п.п.	Оценка сдерживания роста, п.п.	Потенциально недополученный ВРП, млрд руб.
2019	4,33	2,00	2,33		-	-
2020	0,15	2,00	0	2,33	-0,82	111,3
2021	-2,64	2,00	0	0	0	0
2022	-1,32	2,00	0	0	0	0
2023	2,53	2,00	0,53	0	0	0
2024	7,98	2,00	5,98	0,53	-0,19	н/д
2025	13,60	2,00	11,60	5,98	-2,09	н/д

Источник: расчеты автора

Полученные расчетные значения показывают, что в период 2019-2023 гг. наиболее выраженный лаговый эффект относится к 2020 г. Реальная ставка 2019 г. превышала расчетный нейтральный уровень на 2,33 п.п. При коэффициенте чувствительности в -0,35 проявляется сдерживание роста следующего года на 0,82 п.п. В стоимостном выражении для ВРП ПФО 2020 г. оценка составляет 111,3 млрд. руб. При этом важно подчеркнуть, что полученная величина должна трактоваться осторожно, т.к. снижение ВРП ПФО в 2020 г. нельзя объяснять одной лишь ключевой ставкой; скорее, основное влияние оказали ограничения, связанные с пандемией, разрывом хозяйственных связей, снижением деловой активности и неопределенностью как таковой.

В 2021-2022 гг. положительный разрыв отсутствовал, поскольку реальная ставка была отрицательной, однако денежно-кредитные условия также не были полностью благоприятными. Высокая инфляция создавала неопределенность, влияла планирование и стоимость инвестицион-

ных проектов. Однако в рамках выбранной модели сдерживающее влияние возникает только при положительном превышении реальной ставки над нейтральным уровнем.

В 2023 г. положительный разрыв составил 0,53 п.п., т.к. его распределенное лаговое влияние переносится на 2024 г. и оценивается в -0,19 п.п. роста. Гораздо более сильный эффект формируется в 2024-2025 гг., т.к. положительный разрыв 2024 г. равен 5,98 п.п., что формирует лаговое сдерживание 2025 г. на уровне 2,09 п.п., что хорошо согласуется с выводами О.С. Сухарева о накопительном тормозящем эффекте денежно-кредитной политики [8].

Следующий этап анализа связан со сценарной оценкой. Банк России в среднесрочном прогнозе от апреля 2026 г. указывает, что средняя ключевая ставка составляет 14,0-14,5% в 2026 г., 8,0-10,0% в 2027 г. и 7,5-8,5% в 2028 г. В том же прогнозе инфляция в среднем за год оценивается в 5,1-5,6% в 2026 г., 4,0% в 2027 г. и 4,0% в 2028 г. (табл. 3):

Таблица 3

Сценарная оценка долгосрочного процентного давления

Год	Средняя ключевая ставка, %	Инфляция в среднем за год, %	Реальная ставка, %	Положительный разрыв, п.п.	Долгосрочный эффект, п.п.
2025	19,20	8,70	10,50	8,50	-5,86
2026	14,25	5,35	8,90	6,90	-4,76
2027	9,00	4,00	5,00	3,00	-2,07
2028	8,00	4,00	4,00	2,00	-1,38

Источник: составлено автором на основании официальных прогнозов. Долгосрочный эффект рассчитан по коэффициенту в -0,69

Таким образом, даже при снижении номинальной ключевой ставки процентное давление может сохраняться в перспективе, у чего есть своя причина. В частности, сохраняется воздействие реальной ставки, т.е. если инфляция снижается быстрее, чем ключевая ставка, реальная стоимость денег остается высокой. В 2026 г. при средней ключевой ставке 14,25% и средней инфляции 5,35% реальная ставка составляет 8,90%. Положительный разрыв равен 6,90 п.п., а долгосрочный сдерживающий эффект оценивается в -4,76 п.п.;

Для ПФО сложившийся сценарий означает возрастающий риск замедления инвестиционного цикла, т.к. округ имеет развитую промышленную базу, но большая часть предприятий зависит от заемных средств, поставщиков, оборотного финансирования и инвестиционных кредитов. Высокая реальная ставка повышает требования к доходности проектов, в связи с чем часть проектов может быть перенесена, а часть реализована в меньшем объеме. Наиболее чувствительными становятся проекты с длительным сроком окупаемости (т.е. потенциально более капиталоемкие). Формируется ряд каналов влияния высокой реальной ставки на экономику ПФО (рис. 1):

Рисунок 1 Каналы влияния высокой реальной ставки на экономику ПФО

Источник: разработано автором

Тем самым, проведенные расчеты наглядно иллюстрируют тот факт, что воздействие ставки на региональный рост имеет распределенный лаговый характер, т.к. в первый год после повышения ставки часть предприятий продолжает выполнять ранее утвержденные планы, затем начинается корректировка новых проектов, а уже впоследствии меняется структура инвестиций и кредитования. В результате ВРП может сохранять номинальный рост, но качество роста ухудшается в перспективе, т.к. снижается доля проектов, ориентированных на расширение производственной базы.

Полученные результаты согласуются с выводами, которые сделали Д.С. Бенц, А.С. Лаврентьев, К.В. Криничанский, Е.И. Пискун, В.В. Хохлов и другие. Таким образом, региональный экономический рост зависит от совместной реализации производственных, инвестиционных и институциональных факторов [2; 4; 6]. Причем влияние ключевой ставки усиливается в регионах с высокой кредитной зависимостью и смягчается на территориях, у которых есть действующие крупные инвестиционные программы и иные меры смягчения давления.

Заключение

Таким образом, воздействие повышения ключевой ставки на экономический рост регионов выражается через кредитный, инвестиционный, производственный и потребительский каналы с преимущественной ролью инвестиционного, т.к. высокая реальная ставка повышает требования к доходности проектов и снижает привлекательность капитальных вложений с длительным сроком окупаемости. Расчет на примере Приволжского федерального округа показал, что в 2019-2023 гг. выраженный положительный процентный разрыв наблюдался в 2019 г. и 2023 г. Лаговый эффект разрыва 2019 г. мог снизить рост ВРП ПФО 2020 г. примерно на 0,82 п.п., что соответствует 111,3 млрд. руб. потенциально недополученного ВРП. При этом на текущий момент времени наибольшие риски стоит ожидать в перспективе 2024-2026 гг., т.к. в этот период реальная ставка была достаточно высокой. Иными словами, в периоды будущих лет возможно отрицательное влияние ключевой ставки на экономический рост регионов, в особенности зависящих от крупных инвестиционных проектов.

Литература

1. Баско О. В. Влияние ключевой ставки на долгосрочный рост экономики // Финансовые исследования. 2024. Т. 25. № 4(85). С. 31–40. DOI: 10.54220/finis.1991-0525.2024.85.4.003.
2. Бенц Д. С. Моделирование факторов экономического роста регионов Урала и РФ // Journal of New Economy. 2020. Т. 21. № 3. С. 112–131. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-3-6.
3. Глазьев С. Ю., Сухарев О. С. Экономический рост и монетарная политика России // Journal of New Economy. 2025. Т. 26. № 1. С. 6–30. DOI: 10.29141/2658-5081-2025-26-1-1.
4. Лаврентьев А. С., Криничанский К. В. Экономический рост регионов: анализ на основе комплементарных факторов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2020. Т. 14. № 2. С. 28–36.
5. Масленников В. В. Влияние современной денежно-кредитной политики России на экономический рост // ЭКО. 2015. Т. 45. № 10. С. 153–166. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2015-10-153-166.
6. Пискун Е. И., Хохлов В. В. Экономическое развитие регионов Российской Федерации: факторно-кластерный анализ // Экономика региона. 2019. Т. 15. № 2. С. 363–376. DOI: 10.17059/2019-2-5.
7. Семенова Н. Н., Еремина О. И. Влияние денежно-кредитной политики на экономический рост в России: теоретические подходы и практическая реализация // Финансы и кредит. 2018. Т. 24. № 4. С. 819–832. DOI: 10.24891/fc.24.4.819.
8. Сухарев О. С. Денежно-кредитная политика экономического роста в России: тормозящий накопительный эффект // Общество и экономика. 2023. № 1. С. 5–26. DOI: 10.31857/S020736760023986-3.
9. Hatmanu M., Cautisanu C., Ifrim M. The Impact of Interest Rate, Exchange Rate and European Business Climate on Economic Growth in Romania: An ARDL Approach with Structural Breaks // Sustainability. 2020. Vol. 12. No. 7. Article 2798. DOI: 10.3390/su12072798.
10. Pamungkas P., Septianto F., Trinugroho I., Ab-Rahim R., Ridhwan M. M., Sergi B. S. Monetary Policy via Bank Lending Channel: Evidence from Lending Decomposition // Journal of Risk and Financial Management. 2025. Vol. 18. No. 5. Article 249. DOI: 10.3390/jrfm18050249.

Long-term effects of an increase in the key rate on regional economic growth

Lashkov E.I.

□ *GI*□*O*

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article attempts to assess the long-term effects of an increase in the key rate in the context of economic growth in the regions of the Russian Federation. The theoretical foundations of the influence of monetary policy on regional dynamics through the credit, investment, production, and consumer channels are revealed. Scientific approaches to assessing the relationship between the key rate, the real cost of money, investment activity, and gross regional product are characterized. A calculation model is presented for assessing the interest rate gap and the impact of the real key rate on GRP growth, taking into account a distributed lag, using the Volga Federal District as an example. The conditions under which the prolonged maintenance of a high real rate may constrain the investment cycle, increase the cost of borrowed financing, and reduce the potential for future growth are

identified. The need for further application of panel models across the constituent entities of the Russian Federation is substantiated, taking into account sectoral structure, investment, and lending to legal entities. The practical significance of the study is associated with the possibility of using the proposed approach in monitoring regional risks and substantiating economic policy measures for the medium- and long-term perspective.
Keywords: key rate, economic growth, regional economy, gross regional product, monetary policy, real rate, fixed capital investment, Volga Federal District, interest rate gap, panel model.

References

1. Basko, O. V. “The Impact of the Key Rate on Long-Term Economic Growth” // Financial Studies. 2024. Vol. 25. No. 4(85). pp. 31–40. DOI: 10.54220/finis.1991-0525.2024.85.4.003.
2. Benz, D. S. “Modeling Factors of Economic Growth in the Ural Regions and the Russian Federation” // Journal of New Economy. 2020. Vol. 21. No. 3. pp. 112–131. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-3-6.
3. Glazyev, S. Yu., Sukharev, O. S. “Economic Growth and Monetary Policy of Russia” // Journal of New Economy. 2025. Vol. 26. No. 1. Pp. 6–30. DOI: 10.29141/2658-5081-2025-26-1-1.
4. Lavrentiev A. S., Krinichansky K. V. Economic Growth of Regions: Analysis Based on Complementary Factors // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management. 2020. Vol. 14. No. 2. Pp. 28–36.
5. Maslennikov V. V. The Impact of Russia's Modern Monetary Policy on Economic Growth // ECO. 2015. Vol. 45. No. 10. Pp. 153–166. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2015-10-153-166.
6. Piskun E. I., Khokhlov V. V. Economic Development of the Regions of the Russian Federation: Factor-Cluster Analysis // Regional Economy. 2019. Vol. 15. No. 2. pp. 363–376. DOI: 10.17059/2019-2-5.
7. Semenova N. N., Eremina O. I. The Impact of Monetary Policy on Economic Growth in Russia: Theoretical Approaches and Practical Implementation // Finance and Credit. 2018. Vol. 24. No. 4. pp. 819–832. DOI: 10.24891/fc.24.4.819.
8. Sukharev O. S. Monetary Policy of Economic Growth in Russia: The Inhibitory Cumulative Effect // Society and Economy. 2023. No. 1. pp. 5–26. DOI: 10.31857/S020736760023986-3.
9. Hatmanu M., Cautisanu C., Ifrim M. The Impact of Interest Rate, Ex-change Rate and European Business Climate on Economic Growth in Romania: An ARDL Approach with Structural Breaks // Sustainability. 2020. Vol. 12. No. 7. Article 2798. DOI: 10.3390/su12072798.
10. Pamungkas P., Septianto F., Trinugroho I., Ab-Rahim R., Ridhwan M. M., Sergi B. S. Monetary Policy via Bank Lending Channel: Evidence from Lend-ing Decomposition // Journal of Risk and Financial Management. 2025. Vol. 18.No. 5. Article 249. DOI: 10.3390/jrfm18050249.

Эволюция и современные тенденции развития хедж-фондов

Ломоносов Александр Александрович
аспирант, экономический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, alexander_lomonosov@mail.ru

Данная статья посвящена эволюции индустрии хедж-фондов, а также анализу потенциал и институциональной устойчивости стратегий, появившихся на современном этапе. На основе анализа литературы и данных ведущих отраслевых источников в работе предлагается и обосновывается пятиэтапная периодизация: зарождение (1949–1968), кризисный шок (1969–1974), эпоха глобальных макро-стратегий (1975–1990-е), институционализация и регуляторный ответ (2000–2010-е), а также современный этап технологической трансформации и консолидации капитала (с 2011 г.). Особое внимание уделяется выявлению асимметричных эффектов посткризисного регулирования и анализу современных стратегий на основе авторской системы оценивания. Полученные в статье выводы могут быть использованы институциональными инвесторами при аллокации капитала, а также регуляторами при оценке системных рисков современных стратегий хедж-фондов.
Ключевые слова: хедж-фонды, инвестиционные стратегии, альтернативные инвестиции.

Введение

Эволюция индустрии хедж-фондов представляет собой уникальный для финансовой науки пример трансформации института, прошедшего путь от маржинального инструмента частного капитала до системно значимого элемента глобальной финансовой архитектуры. Несмотря на обширную эмпирическую литературу, посвященную доходности и риск-менеджменту хедж-фондов, комплексные исследования, интегрирующие историческую периодизацию, структурные сдвиги в регулировании и технологические детерминанты современных стратегий, остаются фрагментарными. Особый научный интерес вызывает пятый, современный этап (с 2010-х гг.), характеризующийся сжатием альфа-доходности, экспансией количественных методов и беспрецедентной консолидацией капитала вокруг мега-платформ.

Цель настоящей статьи – разработка и обоснование авторской периодизации эволюции хедж-фондов, а также системный анализ инновационного потенциала и устойчивости стратегий, доминирующих на современном этапе. Для достижения цели решаются следующие задачи: (1) выделение качественно однородных этапов развития индустрии с идентификацией переломных точек; (2) оценка влияния регуляторных режимов (Dodd-Frank Act, AIFMD) на эффективность фондов с учетом асимметричных эффектов; (3) разработка многокритериальной системы оценки современных стратегий.

Исследование базируется на синтезе ретроспективного анализа, институционального подхода и сравнительной оценки стратегий. Эмпирической базой послужили данные HFR, Preqin, академические источники (включая Journal of International Money and Finance, British Journal of Management) и нормативные документы.

Первый этап: зарождение и институциональное оформление (1949–1968 гг.).

Началом истории хедж-фондов принято считать 1949 год, когда американский социолог и финансовый журналист Альфред Уинслоу Джонс основал фонд A.W. Jones & Co. с капиталом всего 100 000 долларов США [7]. Основная инновация Джонса заключалась в комбинировании длинных позиций по акциям, которые, по его мнению, должны были вырасти, и коротких продаж по акциям, ожидаемым к снижению. Эта стратегия «длинных/коротких позиций» позволяла получать доходность как на растущем, так и на падающем рынке, эффективно «хеджируя» общий рыночный риск. В результате благодаря данной стратегии за период с 1960 по 1965 год капитал фонда вырос на 325%, а за десять лет совокупная доходность составила 670%.

В 1966 году журнал Fortune опубликовал статью, в которой утверждалось, что за пятилетний период фонд Джонса превзошел лучшие взаимные фонды на 44% (с учетом комиссионных) [14]. Результатом стал взрывной рост индустрии: к 1968 году, по разным оценкам, в США было создано около 140 хедж-фондов. На этом этапе также сформировались ключевые институциональные характеристики индустрии: в 1952 году Джонс преобразовал свой фонд в товарищество с ограниченной ответственностью, начал использовать кредитное плечо и внедрил систему стимулирования управляющих, известную как «2 и 20» (2% комиссия за управление активами и 20% от инвестиционной прибыли) [13]. Таким образом, к концу 1960-х годов были заложены основные принципы функционирования хедж-фондов: рыночно-нейтральное позиционирование, использование кредитного плеча и асимметричная структура вознаграждения.

Второй этап: кризисный шок и стагнация (1969–1974 гг.)

На первом этапе хедж-фонды демонстрировали впечатляющие результаты, однако такая тенденция закончилась с началом рецессии 1969-1970 годов и последовавшим за ней биржевым крахом 1973-1974 годов. В этот период многие фонды, отошедшие от первоначальной концепции хеджирования и сделавшие ставку на агрессивное использование заемных средств, понесли катастрофические потери. Сам фонд A.W. Jones & Co. понес значительные потери: по данным Business Insider, в преддверии краха 1969 года хедж-фонд начал принимать чрезмерные риски с использованием заемных средств, и в результате потерял 35% средств своих инвесторов [10]. По свидетельству историка индустрии Себастьяна Маллаби, фонд уменьшился в размерах практически в три раза – с пиковых 100 миллионов долларов до 35 миллионов 1973 году.

Множество хедж-фондов закрылись, а индустрия потеряла доверие инвесторов почти на десять лет. Данный этап продемонстрироал, что от-

сутствие адекватного риск-менеджмента и чрезмерное увлечение кредитным плечом могут нивелировать преимущества хеджирования. Несмотря на то, что второй этап традиционно трактуется как период стагнации и упадка, его значение для долгосрочной эволюции хедж-фондов трудно переоценить. Кризисный шок создал предпосылки для возрождения индустрии на качественно новой основе в конце 1970-х годов.

Третий этап: возрождение и эпоха глобальных макро-стратегий (1975-1990-е гг.)

Возрождение индустрии началось во второй половине 1970-х годов и было связано с появлением нового поколения управляющих, которые вышли за рамки традиционных акционерных стратегий. Важным событием данного этапа стало основание в 1975 году фонда глобальной макро-стратегии Bridgewater Associates, который впоследствии стал одним из крупнейших хедж-фондов в мире и действует до сих пор с объемом активов под управлением в 97,8 млрд долларов США (по данным на начало 2026 года). Другим ключевым моментом этапа стала т.н. «Черная среда», когда в 1992 году хедж-фонд Quantum Fund под руководством Джорджа Сороса заработал более 1 млрд долларов на падении британского фунта, что наглядно продемонстрировало способность хедж-фондов не только получать высокую доходность, но и влиять на целые национальные экономики.

Таким образом, на данном этапе произошла диверсификация стратегий: помимо классической стратегии длинных/коротких позиций, широкое распространение получили глобальные макро-стратегии, основанные на прогнозировании изменения процентных ставок, валютных курсов и макроэкономических показателей, а также событийные стратегии. Кроме того, в этот период широкое распространение получили стратегии арбитража [13]. В 1990-е годы индустрия продолжила бурный рост: объем активов под управлением увеличился с 39 млрд долларов в 1990 году до 200 млрд долларов к 1999 году [1].

Тем не менее, третий этап также отмечен и серьезными кризисами. Так, например, в 1998 году после финансового кризиса в Азии 1997 года и российского дефолта случился крах фонда Long-Term Capital Management (LTCM), консолидировавшего под своим управлением активы в объеме порядка 4,6 млрд долларов США.

Четвертый этап: институционализация, глобальный кризис и регуляторный ответ (2000–2010 гг.)

Начало XXI века стало для отрасли периодом системных стресс-тестов, выявивших хрупкость даже самых диверсифицированных портфелей. Если крах LTCM в 1998 году лишь предупредил индустрию о рисках высоколевереджированных количественных стратегий, то последовавший за ним разрыв «пузыря доткомов» на рубеже тысячелетий и особенно глобальный финансовый кризис 2007–2009 годов заставили инвесторов кардинально пересмотреть фундаментальные принципы управления активами. По свидетельству аналитиков Hedge Fund Research, с 1998 по 2007 год количество хедж-фондов в мире утроилось, достигнув исторического максимума, при этом подавляющая часть этого капитала попрежнему принадлежала частным состоятельным лицам и семейным офисам.

Мировой финансовый кризис 2007-2009 годов оказал существенное влияние на индустрию хедж-фондов. Согласно данным Hedge Fund Research (HFR), совокупные активы хедж-фондов сократились с 1,87 трлн долл. на конец 2007 года до 1,41 трлн долл. на конец 2008 года. Индекс HFRI Fund Weighted Composite Index в 2008 году снизился на 19%. В октябре 2008 года инвесторы вывели из хедж-фондов 40 млрд долл., а с учетом потерь от снижения стоимости активов отрасль потеряла 155 млрд долл. только за этот месяц [11]. Количество фондов-банкротов достигло рекордного уровня: в 2008 году закрылось 1471 хедж-фондов, что составляло почти 15% от общего числа фондов на рынке. В четвертом квартале 2008 года закрылось 778 фондов – более чем вдвое больше, чем 344 закрытия в предыдущем квартале [15]. Именно кризис 2008 года стал той критической точкой, после которой начался окончательный переход индустрии из зоны влияния частного капитала в поле управления институциональных инвесторов – пенсионных фондов, университетских эндаументов и суверенных фондов.

Прямым следствием кризиса стало беспрецедентное ужесточение регуляторного режима. В США в 2010 году был принят закон Додда-Франка [2], который, как отмечает докторская диссертация, защищенная в Университете Стратклайда в 2022 году [8], ввел обязательную регистрацию управляющих хедж-фондами и требования к раскрытию информации. В Европейском союзе в том же году была принята Директива об управляющих альтернативными инвестиционными фондами (AIFMD), которая гармонизировала пруденциальные требования и правила раскрытия информации для всех управляющих на территории ЕС. Важным результатом сравнительного анализа, проведенного в диссертации, стало выявление асимметричного эффекта регулирования: если в США внедрение закона Додда-Франка привело к статистически значимому снижению альфа-доходности американских хедж-фондов, то в Европе период после вступления в силу AIFMD, напротив, сопровождался ростом показателей эффективности, что объясняется положительным «эффектом перелива», который распространился даже на малые фонды, формально не попадавшие под действие директивы.

Пятый этап: технологическая трансформация, геополитические риски и эпоха мега-платформ (с 2011 г. по настоящее время)

Современный этап эволюции хедж-фондов характеризуется тремя ключевыми процессами, которые находят отражение в актуальной академической литературе: технологической революцией в управлении портфелями, структурным снижением альфа-доходности и беспрецедентной консолидацией отрасли.

- Технологическая трансформация и машинное обучение. Внедрение методов искусственного интеллекта и машинного обучения в инвестиционные процессы стало одной из главных тенденций последнего десятилетия. Как показано в исследовании Platanakis, Stafylas, Sutcliffe и Zhang[6], опубликованном в British Journal of Management, применение алгоритмов машинного обучения позволяет не только более точно классифицировать инвестиционные стратегии фондов, но и существенно повышает качество оценки риск-экспозиций и управленческих решений. Кроме того, ведущие хедж-фонды (Renaissance Technologies, Two Sigma, Citadel, AQR, D.E. Shaw) активно внедряют методы машинного обучения и искусственного интеллекта в свою деятельность. Так, в работе Grobys, K., Kolari, J. W., & Niang, J. [4] показано, что хедж-фонды с самым высоким уровнем автоматизации превосходят по доходности другие хедж-фонды, в большей степени зависящие от участия человека.
- Геополитические риски и глобальные макро-стратегии. Важным направлением современных исследований является анализ способности хедж-фондов управлять нетрадиционными источниками риска. В работе, опубликованной в Journal of International Money and Finance в 2024 году [9], авторы исследуют, могут ли управляющие хедж-фондами эффективно хеджировать или таймить геополитические риски (на основе индекса геополитического риска Caldara и Iacoviello). Эмпирические результаты показывают, что фонды, использующие глобальные макростратегии, обладают статистически значимой способностью к таймингу геополитических рисков, тогда как фонды всех остальных категорий в большей степени ориентированы на их хеджирование. Эти выводы приобретают особую актуальность в контексте событий 2022 года, которые, по оценкам авторов исследования, вызвали глобальный экономический кризис и создали значительный шок на мировых финансовых рынках.
- Консолидация отрасли и эпоха мега-платформ. Заключительной характеристикой пятого этапа является беспрецедентная концентрация капитала. Как отмечено в аналитическом обзоре INSEAD (2025), в индустрии хедж-фондов в настоящее время доминируют «мега-платформы» (Citadel, Millennium Management, Bridgewater Associates, D. E. Shaw), чье ключевое конкурентное преимущество заключается не столько в инвестиционном мастерстве, сколько в эффекте масштаба [12]. Эта консолидация обусловлена тремя структурными факторами: (1) приоритизацией институциональными аллокаторами стабильности и контроля над рисками наряду с доходностью; (2) волатильностью и дисперсией доходностей, которые благоприятствуют платформам, способным одновременно разворачивать капитал в сотнях независимых стратегий; и (3) растущей операционной сложностью, создающей естественные барьеры входа для малых фондов. Интересно, что, как показывает исследование (2012), хедж-фонды, несмотря на репутацию склонных к стадному поведению, в действительности демонстрируют значительные стратегические различия в посткризисный период, что, вопреки ожиданиям, способствует повышению стабильности финансовой системы в целом.
- ESG-стратегии. В современных условиях хедж-фонды могут рассмотреть возможность включения факторов ESG в свой процесс принятия решений при выборе фирм для своей деятельности. Переход компании от модели, ориентированной исключительно на получение прибыли, к ESG-стратегии способен повысить рыночную стоимость её акций. Кроме того, грамотная оптимизация ESG-обязательств может положительно сказаться на прибыли, которую извлекают хедж-фонды [5]. С другой стороны, фирма может пойти по противоположному пути – сократить или вовсе отказаться от ESG-обязательств, вернувшись к чисто прибыльной модели, что также способно увеличить её доходность. Таким образом, хедж-фонды, стратегически сочетая любой из этих подходов со своей повседневной деятельностью, получают дополнительный потенциал для роста прибыли.

Особенности современного этапа развития хедж-фондов

На современном этапе у хедж-фондов также есть ряд возможностей извлечь выгоду из меняющихся рыночных условий и требований инвесторов. В частности, это использование таких стратегий как криптовалютный арбитраж, машинное обучение, ESG-инвестирование и торговля волатильностью. Для анализа имеющихся возможностей используем систему оценки инновационного потенциала и устойчивости стратегий хедж-фондов, основанную на обзоре литературы, существующих исследованиях и отраслевых отчетах. Система оценки состоит из четырех аспектов: новизны, сложности, адаптивности и масштабируемости.

Новизна определяется как степень концептуальной и методической дивергенции стратегии от устоявшихся отраслевых подходов, отражающая внедрение оригинальных идей или нетривиальных комбинаций инструментов. Сложность трактуется как уровень вовлеченности в инвестиционный процесс многофакторных математических моделей, нелинейных алгоритмов или гетерогенных источников данных, воспроизведение и интерпретация которых затруднительны для пользователей вследствие высокой когнитивной и вычислительной нагрузки. Адаптивность – это способность стратегии изменять свои параметры и правила принятия решений при смене рыночных условий или структурных сдвигах. Масштабируемость – это максимальный объем капитала, который стратегия может принять без существенного снижения доходности и ухудшения профиля риска при расширении спектра используемых активов.

При оценке стратегий используется система баллов для каждой стратегии по каждому параметру. Затем баллы суммируются, чтобы получить общую оценку потенциала каждой стратегии. Результаты оценки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты оценки потенциала современных стратегий хедж-фондов

Стратегия	Новизна	Сложность	Адаптивность	Масштабируемость
Криптовалютный арбитраж	Высокая (3 балла)	Высокая (3 балла)	Низкая (1 балл)	Низкая (1 балл)
Машинное обучение	Высокая (3 балла)	Высокая (3 балла)	Умеренная (2 балла)	Умеренная (2 балла)
ESG-инвестиции	Умеренная (2 балла)	Умеренная (2 балла)	Высокая (3 балла)	Высокая (3 балла)
Торговля волатильностью	Низкая (1 балл)	Низкая (1 балл)	Высокая (3 балла)	Высокая (3 балла)

- Криптовалютный арбитраж (8 баллов) – стратегия, основанная на разнице в цене одного и того же актива на разных криптовалютных биржах или торговых платформах. Данная стратегия получила высокую оценку по параметру новизны, поскольку оперирует относительно новым классом активов. Высокий уровень сложности обусловлен необходимостью применения передовых технических решений и развитой инфраструктуры для оперативного и безопасного исполнения сделок. В то же время стратегия демонстрирует низкую адаптивность, поскольку её эффективность напрямую зависит от наличия и устойчивости рыночных неэффективностей, которые со временем имеют тенденцию к снижению. Низкая масштабируемость объясняется такими ограничениями, как дефицит ликвидности, регуляторная неопределенность и повышенные операционные риски.
- Машинное обучение (10 баллов) – стратегия, предполагающая использование методов искусственного интеллекта для анализа крупных массивов данных при принятии инвестиционных решений. Стратегия характеризуется высокой степенью новизны, так как получила распространение только в последнем десятилетии. Высокий уровень сложности обусловлен применением сложных алгоритмов и моделей, функционирующих по принципу «черного ящика». Адаптивность стратегии оценивается как умеренная: она подвержена риску переобучения и может демонстрировать недостаточную эффективность при смене рыночной конъюнктуры или поступлении новых данных. Масштабируемость также признана умеренной, поскольку поддержание и обновление такой стратегии требует значительных вычислительных мощностей и высокой квалификации персонала.
- ESG-инвестиции (10 баллов) — стратегия, учитывающая экологические, социальные и управленческие факторы при принятии инвестиционных решений. Её новизна оценивается как умеренная, поскольку она отражает растущий спрос на ответственное инвестирование со стороны инвесторов и регуляторов. Умеренная сложность обусловлена множеством требующих анализа критериев и источников данных, которые различаются в зависимости от региона или отрасли. В то же время стратегия демонстрирует высокую адаптивность благодаря способности улавливать долгосрочные социальные и экологические тенденции. Высокая масштабируемость позволяет применять её к широкому спектру активов и рынков.
- Торговля волатильностью (8 баллов) – стратегия, ориентированная на использование колебаний рыночных цен активов. Низкая новизна объясняется тем, что она базируется на известных ранее концепциях и инструментах (опционы, фьючерсы). Низкая сложность связана с применением относительно простых, стандартизированных расчётов или моделей. При этом стратегия обладает высокой адаптивностью, поскольку позволяет извлекать выгоду из различных рыночных сценариев и событий, вызывающих всплески волатильности. Высокая масштабируемость достигается за счёт использования производных финансовых инструментов, требующих небольших вложений капитала при высоком уровне риска.

В таблице 2 представлена градация рассмотренных стратегий при формировании портфеля.

Таблица 2

Градация современных стратегий хедж-фондов

Приоритет инвестора	Предпочтительная стратегия	Обоснование
Долгосрочная стабильность	ESG / Торговля волатильностью	Высокая адаптивность и масштабируемость компенсируют низкую новизну.
Поиск «альфы» в коротком периоде	Крипто-арбитраж / ML	Высокая новизна, но только при условии жесткого ограничения доли в портфеле (до 5-10%) из-за низкой устойчивости.

Таким образом, анализ показал, что стратегии с максимальными баллами по критерию «новизна» демонстрируют минимальную адаптивность и масштабируемость. И наоборот, стратегии с умеренной или низкой оценкой «новизны» (ESG, торговля волатильностью) показывают высокую адаптивность и масштабируемость. Рынок вознаграждает технологическую новизну только в краткосрочном периоде. Для долгосрочного институционального инвестирования критичны не столько оригинальность метода, сколько способность стратегии показывать доходность при смене рыночных режимов (адаптивность) и возможность наращивать капитал без просадки доходности (масштабируемость).

Заключение

Данное исследование представляет собой систематический обзор литературы, посвященной эволюции и современным тенденциям в индустрии хедж-фондов. Стратегии хедж-фондов развивались с течением времени в соответствии с рыночными условиями, предпочтениями инвесторов, изменениями в законодательстве и технологическими разработками. Хедж-фонды диверсифицировали свои источники прибыли, расширили использование кредитного плеча и деривативов, внедрили более динамичные и сложные торговые стратегии и исследовали новые рынки и классы активов.

Предложенная в исследовании периодизация эволюции индустрии от модели А. Джонса до современной эпохи мега-платформ и количественных методов демонстрирует устойчивую адаптацию хедж-фондов к рыночным шокам (кризисы 2008 г., 2022 г.) и регуляторным изменениям. Классическое представление об эволюции развития отрасли дополнено пятым этапом, который представляет собой сложный процесс адаптации к новой реальности, где традиционные источники альфа-доходности исчерпаны, регуляторное давление сохраняется, а конкурентное преимущество все больше смещается в сторону технологического превосходства и эффекта масштаба.

Сформированные в рамках пятого этапа новые возможные стратегии рассмотрены с точки зрения авторской системы оценки инновационного потенциала и устойчивости. Разработанная система оценки позволила установить следующее:

- Криптовалютный арбитраж обладает высокой новизной и сложностью, но низкой адаптивностью и масштабируемостью из-за регуляторной неопределенности и ограничений ликвидности.
- Машинное обучение как стратегия демонстрирует высокую новизну и сложность на фоне умеренной адаптивности (риски переобучения) и масштабируемости (потребность в вычислительных ресурсах).
- ESG-инвестиции не характеризуются максимальной новизной на фоне других стратегий, но показывают наивысшую адаптивность и масштабируемость, что делает их наиболее устойчивыми в долгосрочной перспективе.
- Торговля волатильностью, будучи наименее новой и сложной, также обладает высокой адаптивностью и масштабируемостью, что объясняет ее устойчивое присутствие в портфелях хедж-фондов.

Для институциональных инвесторов рекомендуется пересмотреть распределение капитала в пользу стратегий с высокой адаптивностью

(ESG, волатильность) даже при умеренной новизне, а также учитывать асимметрию регуляторных эффектов при выборе юрисдикции для инвестирования. Для управляющих хедж-фондами – инвестировать в технологический капитал (машинное обучение) с одновременным созданием механизмов защиты от переобучения.

Основные ограничения исследования связаны с отсутствием открытых данных по отдельным стратегиям в публичном доступе и с быстрой эволюцией криптовалютного сегмента, требующей отдельного анализа.

Перспективным для будущих исследований представляется:

- эконометрическое тестирование влияния ESG-рейтингов на альфа-доходность хедж-фондов в разных рыночных режимах;
- анализ системных рисков, порождаемых мега-платформами, с использованием сетевых моделей.

Литература

1. Andrew W. Lo and Ruixun Zhang The Adaptive Markets Hypothesis, Oxford University Press, vol. 16, pp. 359-462, 2024.
2. Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act.
3. Funga, William & Hsiehb, David A., 2013. "Hedge Funds," Handbook of the Economics of Finance, in: G.M. Constantinides & M. Harris & R. M. Stulz (ed.), Handbook of the Economics of Finance, volume 2, chapter 0, pages 1063-1125, Elsevier.
4. Grobys, K., Kolari, J. W., & Niang, J. (2022). Man versus machine: on artificial intelligence and hedge funds performance. Applied Economics, 54(40), 4632–4646. https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2032585.
5. Derwis Dilek. ESG-focused hedge fund activism. Economic Analysis Letters 2023 2(4) 1-6. DOI:10.58567/eal02040001
6. Platanakis, E., Stafylas, D., Sutcliffe, C. and Zhang, W. Hedge Fund Performance, Classification with Machine Learning, and Managerial Implications // British Journal of Management, 2025.
7. Robin L. Barton. A Look at the State of the Industry on the 75th Anniversary of the First Hedge Fund's Launch // Hedge Fund Law Report, 2024.
8. Tandon, Shivani. Hedge funds: regulation, activism and corporate decisions, 2022. Режим доступа: https://stax.strath.ac.uk/concern/theses/vx021f499?locale=en
9. Tianyi Ma, Xuting Zhou. Geopolitical risk hedging or timing: Evidence from hedge fund strategies // The North American Journal of Economics and Finance, vol. 74, Sep. 2024. https://doi.org/10.1016/j.najef.2024.102240.
10. Business Insider. Here Are The Investing Giants That Built The Hedge Fund World As We Know It. 2014. Режим доступа: https://www.businessinsider.com/more-money-than-god-2014-7.
11. Canadian HedgeWatch. Investors withdrew $40bn from HFs in October, industry AUM down to $1.56tln [Press release]. Режим доступа: http://www.canadianhedgewatch.com/content/news/general/?id=3732&printer=1.
12. Charoenwong, B. (2025). Millennium Partners: The Platform Evolution of Hedge Funds [Case study No. 7005]. INSEAD Publishing.
13. Preqin. History of the Hedge Fund Industry. Режим доступа: https://preqin.com/academy/lesson-3-hedge-funds/history-of-the-hedge-fund-industry?ReturnUrl.
14. Repool. The history of Hedge Funds. Режим доступа: https://repool.com/blog/the-history-of-hedge-funds/#top.
15. The Hedge Fund Journal. An Industry Still in Crisis. Режим доступа: https://thehedgefundjournal.com/an-industry-still-in-crisis/.

The evolution and current trends of hedge funds

Lomonosov A.A.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article is devoted to the evolution of the hedge fund industry, as well as the analysis of the potential and institutional sustainability of strategies that have emerged at the present stage. Based on the analysis of literature and data from leading industry sources, the paper proposes and substantiates a five-stage periodization: the origin (1949-1968), the crisis shock (1969-1974), the era of global macro strategies (1975-1990), institutionalization and regulatory response (2000-2010), as well as the current stage of technological transformation and capital consolidation (since 2011). Special attention is paid to identifying the asymmetric effects of post-crisis regulation and analyzing modern strategies based on the author's assessment system. The conclusions obtained in the article can be used by institutional investors in capital allocation, as well as regulators in assessing the systemic risks of modern hedge fund strategies.

Keywords: hedge funds, investment strategies, alternative investments.

References

1. Andrew W. Lo and Ruixun Zhang The Adaptive Markets Hypothesis, Oxford University Press, vol. 16, pp. 359-462, 2024.
2. Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act.
3. Funga, William & Hsiehb, David A., 2013. "Hedge Funds," Handbook of the Economics of Finance, in: G.M. Constantinides & M. Harris & R. M. Stulz (ed.), Handbook of the Economics of Finance, volume 2, chapter 0, pages 1063-1125, Elsevier.
4. Grobys, K., Kolari, J. W., & Niang, J. (2022). Man versus machine: on artificial intelligence and hedge funds performance. Applied Economics, 54(40), 4632–4646. https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2032585.
5. Derwis Dilek. ESG-focused hedge fund activism. Economic Analysis Letters 2023 2(4) 1-6. DOI:10.58567/eal02040001
6. Platanakis, E., Stafylas, D., Sutcliffe, C. and Zhang, W. Hedge Fund Performance, Classification with Machine Learning, and Managerial Implications // British Journal of Management, 2025.
7. Robin L. Barton. A Look at the State of the Industry on the 75th Anniversary of the First Hedge Fund's Launch // Hedge Fund Law Report, 2024.
8. Tandon, Shivani. Hedge funds: regulation, activism and corporate decisions, 2022. Режим доступа: https://stax.strath.ac.uk/concern/theses/vx021f499?locale=en
9. Tianyi Ma, Xuting Zhou. Geopolitical risk hedging or timing: Evidence from hedge fund strategies // The North American Journal of Economics and Finance, vol. 74, Sep. 2024. https://doi.org/10.1016/j.najef.2024.102240.
10. Business Insider. Here Are The Investing Giants That Built The Hedge Fund World As We Know It. 2014. (https://www.businessinsider.com/more-money-than-god-2014-7).
11. Canadian HedgeWatch. Investors withdrew $40bn from HFs in October, industry AUM down to $1.56tln [Press release]. (http://www.canadianhedgewatch.com/content/news/general/?id=3732&printer=1).
12. Charoenwong, B. (2025). Millennium Partners: The Platform Evolution of Hedge Funds [Case study No. 7005]. INSEAD Publishing.
13. Preqin. History of the Hedge Fund Industry. (https://preqin.com/academy/lesson-3-hedge-funds/history-of-the-hedge-fund-industry?ReturnUrl).
14. Repool. The history of Hedge Funds. (https://repool.com/blog/the-history-of-hedge-funds/#top).
15. The Hedge Fund Journal. An Industry Still in Crisis. (https://thehedgefundjournal.com/an-industry-still-in-crisis/).

Использование Открытых API в банковской сфере России

Маркова Ольга Михайловна
к.э.н., доцент кафедры банковского дела и монетарного регулирования, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ommarkova@fa.ru

Актуальность. Открытые API уже перестали быть исключительно технологической инициативой и превратились в важный элемент инфраструктуры современного финансового рынка. Речь идёт не только о передаче данных, но и о формировании доверенной среды, где должны быть определены единые стандарты, порядок подключения участников, механизмы информационной безопасности, правила предоставления и отзыва согласий клиента, а также выявлена возможная роль специального оператора среды. Важно учитывать, что обмен клиентскими данными возможен только с согласия клиента, а Платформа коммерческих согласий должна обеспечить удобное и безопасное управление такими согласиями.

В этой связи возникает необходимость анализа инфраструктуры Открытых API в банковской сфере, а также исследование роли Платформы коммерческих согласий и оператора среды в формировании доверенного обмена данными. Это позволит выявить ключевые преимущества, риски и перспективы развития российской модели Открытых API с учетом особенностей современного этапа развития финансовых технологий и их применения в цифровой среде.

Ключевые слова: финансовые технологии, платформа согласий, обмен данными.

Цифровая трансформация финансового рынка привела к тому, что данные стали одним из ключевых ресурсов современной экономики. Для банков, страховых организаций, брокеров и иных участников финансового рынка важным становится не только накопление данных, но и возможность их безопасного, стандартизированного и юридически корректного обмена. Именно поэтому технология Открытых API приобретает особое значение, так как позволяет организовать взаимодействие между различными информационными системами по единым правилам, обеспечить развитие новых сервисов и повысить конкуренцию на рынке финансовых услуг. В российской практике данное направление последовательно развивается Банком России, включая обновлённый комплекс стандартов и пилотирование Платформы коммерческих согласий.

Открытые API представляют собой технологию обмена данными между информационными системами различных организаций по единым правилам и стандартам. В отличие от внутренних и партнёрских API, которые используются либо внутри одной организации, либо в рамках двусторонних коммерческих отношений, Открытые API предполагают стандартизированный подход, равные условия подключения и единые требования для всех участников информационного обмена. Следовательно, Открытые API в банковской сфере представляют собой не просто интерфейс интеграции, а основу новой модели регулируемого обмена данными [1].

В международной и российской литературе развитие Открытых API обычно описывается через переход от Open Banking к Open Finance, а затем к более широкой модели Open Data. Исследование Ассоциации ФинТех и материалы OECD показывают, что Open Banking является исходной стадией, на которой открывается доступ, прежде всего, к банковским и платёжным данным клиента. Следующим этапом является Open Finance, который предполагает обмен уже более широким спектром финансовых данных, включая сведения о страховых, инвестиционных, пенсионных и иных продуктах. Наиболее широкий уровень Open Data связан с выходом за пределы собственно финансового сектора и возможностью обмена данными с участием нефинансовых организаций и государственных систем.

Банк России подтвердил гибридный подход к внедрению Открытых API: сначала развитие модели Open Finance с дальнейшим движением к модели Open Data. Такой подход выглядит логичным, поскольку позволяет поэтапно выстроить стандарты, механизмы безопасности, инфраструктуру доверенного обмена и клиентский путь предоставления согласий, а уже затем масштабировать модель на более широкий круг участников. В результате переход от Open Banking к Open Finance означает изменение самой логики финансового рынка. Если в традиционной модели клиент взаимодействует с каждой организацией отдельно, то в модели открытых финансов создаётся возможность для сквозных сервисов, которые объединяют данные и функции нескольких поставщиков услуг. Это повышает конкуренцию, снижает информационную разобщённость и формирует предпосылки для более точной персонализации услуг. Одновременно возрастает значение механизмов контроля со стороны клиента, поскольку именно его воля становится юридическим основанием передачи данных между участниками среды.

Ключевое отличие Открытых API в финансовой сфере от обычной технической интеграции состоит в том, что здесь передаются персональные данные, сведения о счетах, операциях, договорах, страховых и инвестиционных продуктах. Поэтому центральным условием правомерности и легитимности обмена становится согласие клиента. Именно по этой причине в современной модели Открытых API особое место занимает понятие доверенной среды. В мировой практике встречаются централизованные, децентрализованные и смешанные модели. Для России это означает необходимость выработки собственной архитектуры, учитывающей национальное регулирование, уровень зрелости инфраструктуры и требования информационной безопасности. При этом сама среда может включать также профессиональных посредников и инфраструктурные сервисы, упрощающие подключение, тестирование, сертификацию и управление согласиями [10].

Функционирование Открытых API невозможно без развитой инфраструктуры стандартизации. В современных условиях Банк России сформировал комплекс стандартов Открытых API, включающий обзорный уровень, уровень информационной безопасности, функциональный уровень, бизнес-уровень и уровень реализации. Это означает, что регулятор выстраивает не единичный технический стандарт, а многоуровневую нормативно-техническую систему, которая охватывает как общие прин-

ципы, так и конкретные методы взаимодействия. К числу базовых документов комплекса относятся Стандарт Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие положения», Стандарт Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Глоссарий», Стандарт Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Профили Открытых программных интерфейсов для расширенного режима безопасности. Технический стандарт», а также прикладные стандарты, в том числе Стандарт Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Получение информации о банковских счетах Пользователя. Правила взаимодействия». Дополнительно в состав технического уровня включен Стандарт Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие требования к прикладным стандартам. Технический стандарт», который задает общие требования к построению и описанию спецификаций API. Регулятор выстраивает не единичный технический стандарт, а многоуровневую нормативно-техническую систему, которая охватывает как общие принципы, так и конкретные методы взаимодействия [7].

В Стандарте Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие положения» прямо закреплено, что архитектура среды Открытых программных интерфейсов соответствует концепции RESTful API и предусмотрено, что на физическом уровне при проектировании сообщений используется спецификация OpenAPI 3.0 в формате YAML. Под YAML в данном случае понимается текстовый формат структурированного описания данных, удобный для машинной обработки и чтения разработчиками; его применение делает описание API более понятным, ускоряет разработку и упрощает интеграцию различных систем. Дополнительно аналогичное требование о применении OpenAPI 3.0 в формате YAML закреплено в Стандарте Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие требования к прикладным стандартам. Технический стандарт» [1].

В этом же Стандарте Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие положения» прямо указано, что доверенная среда обмена включает технический реестр участников, JWKS-сервис, личный кабинет участника и Платформу коммерческих согласий. При этом JWKS-сервис в стандарте назван хранилищем сертификатов: это сервис, который по запросу предоставляет участнику сведения о сертификате другого участника информационного взаимодействия, то есть используется для построения доверенного соединения и проверки подлинности стороны обмена. Личный кабинет участника, согласно стандарту, предназначен для управления профилем организации, техническими решениями, сертификатами и сообщениями о нарушениях правил взаимодействия.

Результаты анкетирования Ассоциации ФинТех показывают, что российский рынок связывает развитие среды Открытых API прежде всего с сервисами, обеспечивающими ее надежность и управляемость (рис. 1). Наибольший запрос наблюдается на мониторинг доступности API, техническую поддержку и механизмы разрешения споров. Это подтверждает вывод о том, что зрелая среда Открытых API требует не только публикации стандартов, но и постоянного организационного и эксплуатационного сопровождения [6].

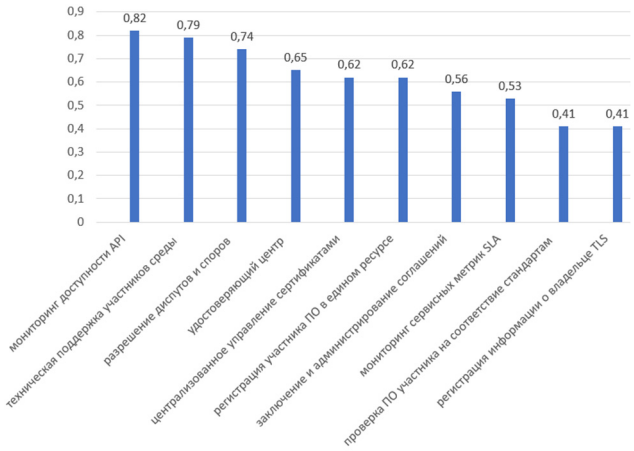


Рисунок 1 – Востребованные инфраструктурные функции среды Открытых API в России, % опрошенных[6]

С этой точки зрения стандарты и инфраструктурные сервисы выполняют сразу несколько задач: во-первых, они снижают транзакционные издержки при подключении новых участников; во-вторых, уменьшают архитектурную фрагментацию и риск несовместимости интерфейсов; в-третьих, позволяют перевести обмен данными из модели разрозненных двусторонних интеграций в модель управляемой и масштабируемой среды. OECD в 2023 году отдельно подчеркивала, что долгосрочный успех Open Finance зависит от уровня интероперабельности, а отсутствие гармонизации форматов и интерфейсов повышает стоимость участия в экосистеме.

Для финансового рынка информационная безопасность является не сопутствующим, а системообразующим условием развития Открытых API. Банк России указывает, что вопросы ИБ являются ключевыми при обмене данными, а потому регулятор намерен не только задавать стандарты, но и организовывать выпуск ключей электронной подписи в доверенном удостоверяющем центре, регламентировать процедуру допуска участников к обмену, проводить технические проверки программного обеспечения и аудит технических и организационных средств защиты. Кроме того, при обмене чувствительной информацией участники обязаны применять установленные Банком России стандарты информационной безопасности.

Важной особенностью российской модели является сочетание нормативных требований и практической поддержки участников. Банк России и Ассоциация ФинТех прорабатывают бесплатное «коробочное решение» с базовым набором функций для информационного обмена по Открытым API, чтобы сократить временные и материальные затраты организаций на внедрение стандартов, в том числе в части защиты данных. Такой подход свидетельствует о попытке совместить высокий уровень обязательных требований с инструментами, облегчающими вход участников в новую инфраструктуру.

Международная аналитика показывает, что даже правильно оформленное согласие само по себе не исчерпывает требования к защите данных. По мнению Всемирного банка, в сценариях Open Banking и Open Finance согласие является обязательным, однако оно представляет собой лишь первый шаг. Далее необходима минимизация собираемых данных, ограничения на передачу третьим лицам, целевое использование информации и соблюдение разумных сроков хранения. Расширение цифрового обмена данными может повышать риски мошенничества, а значит, требует дополнительных проверок, более строгого управления доступом и продуманного распределения ответственности между участниками. При этом даже стандартизированная среда обмена должна проходить формальное моделирование и проверку механизмов аутентификации и авторизации.

В российской модели Открытых API согласие клиента занимает центральное место по той причине, что именно оно легитимирует передачу данных между участниками информационного обмена. Банк России указывает, что обмен клиентскими данными между организациями возможен исключительно с согласия клиента. Также подчеркивается, что процесс предоставления такого согласия является неотъемлемой частью оказания услуги, поскольку одновременно обеспечивает конфиденциальность данных и влияет на удобство получения сервиса.

Международный опыт подтверждает эту логику. Всемирный банк отмечает, что в Open Banking, Open Finance согласие клиента является императивным условием обработки и раскрытия данных, причем современные подходы уходят от «общего» согласия к более гранулярным моделям, где указываются цель, объем и срок использования сведений. Следовательно, согласие в такой среде выполняет не только юридическую, но и управленческую функцию, задавая рамки допустимого обмена и контроля.

Платформа коммерческих согласий (ПКС) создается как специальная инфраструктура управления согласиями в рамках Открытых API. Банк России определяет ПКС как защищенную и равноудаленную от всех участников инфраструктуру по управлению согласиями. Запуск ПКС должен обеспечить клиентам возможность предоставлять, просматривать и отзывать все выданные согласия, а поставщик данных перед передачей информации обязан удостовериться в наличии действующего согласия. При отзыве согласия передача данных прекращается [9].

В проектируемой архитектуре ПКС не хранит сами клиентские данные; на платформе должны храниться именно сведения о согласиях, тогда как данные, как и прежде, остаются у участников финансового рынка. В стандарте Банка России СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие положения» ПКС закреплена как один из элементов среды Открытых API: она позволяет пользователю просматривать ранее выданные согласия и инициировать их отзыв, а актуальность информации обеспечивается за счет уведомления платформы о выдаче или отзыве согласия. Такая конструкция снижает риск чрезмерной централизации самих финансовых данных и делает ПКС именно инфраструктурой контроля, а не хранилищем всего массива клиентской информации.

Одним из наиболее значимых преимуществ ПКС является реализация принципа «единого окна». По официальному разъяснению Банка

России, клиент сможет в одном интерфейсе увидеть, какие именно данные, в рамках какой услуги, на какой срок и кому передаются, а также при необходимости инициировать отзыв согласия. Именно этот принцип должен устранить одну из главных проблем фрагментированной цифровой среды – невозможность для клиента быстро понять, где и на каких условиях уже используются его данные [2].

С точки зрения пользовательского опыта это означает переход от модели, в которой согласия распределены по личным кабинетам отдельных банков и сервисов, к модели централизованного контроля. Для финансово-банковской сферы такое решение особенно важно, поскольку число потенциальных участников обмена велико, а клиенту сложно отслеживать все ранее выданные разрешения вручную. Поэтому ПКС должна рассматриваться не как вспомогательный сервис, а как механизм повышения прозрачности, доверия и управляемости всей среды Открытых API.

По дорожной карте Банка России 2024 года создание концепции ПКС относилось к 2024 году, разработка технической архитектуры и пилотирование к 2025 году, а промышленный запуск был обозначен как следующий этап. Платформа коммерческих согласий все еще находится в стадии пилотирования. Дальнейший успех проекта будет зависеть не только от технической готовности платформы, но и от создания необходимых правовых условий, унификации содержания согласий, закрепления ответственности участников и надзорного механизма в рамках функционирования ПКС.

По мере роста числа участников обмена возрастает сложность координации, сертификации, контроля доступности сервисов, обработки инцидентов и сопровождения согласий. Ассоциация ФинТех указывает, что для превращения среды Открытых API в действительно доверенную и регламентированную систему необходимо решить вопрос ее организационного центра, а таким центром может стать оператор среды. В логике исследования АФТ регулятор устанавливает правила и требования, а оператор обеспечивает их практическое выполнение, что позволяет ему выступать гарантом доверенной среды.

Институт оператора среды является ответом на проблему институциональной фрагментации. Если ограничиться только публикацией стандартов, участники по-прежнему столкнутся с различиями в подключении, обслуживании, сопровождении сертификатов, урегулировании спорных ситуаций и контроле доступности сервисов. Оператор среды нужен именно для того, чтобы перевести совокупность технических требований в реально функционирующую инфраструктуру.

С оператором связаны такие задачи, как разрешение диспутов, техническая поддержка, мониторинг доступности API, централизованное управление сертификатами, регистрация участников, администрирование соглашений, мониторинг SLA и технические проверки программного обеспечения. Так, оператор среды – это не просто «администратор платформы», а инфраструктурный координатор полного жизненного цикла взаимодействия [5].

В других странах, например, по модели Казахстана оператор выступает единым координационным центром, который обеспечивает аккредитацию, публикацию API, подключение к сервисам, биллинг, отчетность и управление обращениями, а также предоставляет изолированную технологическую песочницу для тестирования API. Кроме того, система управления согласиями работает под контролем оператора, что позволяет централизованно снижать риски злоупотребления клиентскими данными [8].

Если оператор среды становится центральным инфраструктурным узлом, к нему неизбежно предъявляются повышенные требования. Во-первых, он должен быть нейтральным по отношению к участникам рынка. В российской модели эта идея уже просматривается в самой логике ПКС, которую Банк России определяет как «защищенную и равноудаленную» от всех участников инфраструктуру. Такая формулировка отражает важный принцип: центр управления согласиями и инфраструктурными сервисами не должен создавать необоснованных преимуществ отдельным организациям. Во-вторых, оператор должен обеспечивать высокую надежность и доступность сервисов. Центральное звено среды хотя и упрощает интеграцию, но одновременно становится точкой повышенного требования к SLA и контролю. Чем больше функций сосредоточено у оператора, тем выше риск системных последствий в случае его недоступности, а значит, тем жестче должны быть требования к отказоустойчивости, мониторингу и эксплуатационной дисциплине. В-третьих, к оператору предъявляются требования прозрачности распределения ответственности. Для повышения доверия потребителей в системах обмена данными необходимо четко определять ответственность за проблемы доступа к данным, качество, конфиденциальность, хранение, киберинциденты и порядок внесудебного разрешения споров. Следовательно, зрелый оператор среды — это не только технологическая, но и правовая конструкция, в которой заранее определены механизмы жалоб и разрешения споров.

На современном этапе развитие Открытых API в России перешло из стадии концептуального обсуждения к стадии поэтапного практического внедрения. Банк России закрепил гибридный подход, при котором сначала реализуется модель Открытых финансов с последующим движением к модели Открытых данных. Банком России был одобрен запуск четырех пилотных проектов с использованием Открытых API: персонального финансового помощника, корпоративного мультибанкинга, цифрового согласования обслуживания по договору добровольного медицинского страхования и цифрового урегулирования ДТП. Эти сценарии показывают, что Открытые API рассматриваются не как узкая банковская технология, а как инструмент создания комплексных межотраслевых сервисов с участием разных категорий поставщиков данных и потребителей услуг.

Вместе с тем важной особенностью текущего этапа является незавершенность ряда ключевых инфраструктурных элементов. Банком России отмечается, что Платформа коммерческих согласий продолжает оставаться на этапе пилотирования. Это означает, что институциональное оформление среды Открытых API уже началось, однако ее окончательная архитектура, включая порядок подключения, режим промышленной эксплуатации и распределение ответственности, все еще находится в процессе формирования [4].

Развитие Открытых API способно дать значительный положительный эффект как для клиентов, так и для самих участников рынка. Для клиента основным результатом становится более удобный и целостный доступ к финансовым услугам. В рамках такой модели пользователь может видеть сведения о своих продуктах в разных организациях в одном интерфейсе, быстрее подтверждать необходимые данные, пользоваться сервисами финансового планирования и получать более персонализированные предложения. Банк России отмечает, что внедрение Открытых API открывает возможность для создания инновационных продуктов и сервисов, а Платформа коммерческих согласий должна сделать управление разрешениями на передачу данных более прозрачным и удобным для клиента.

Для финансовых организаций ожидаемые преимущества связаны с повышением скорости вывода новых продуктов на рынок, снижением издержек на индивидуальные интеграции и расширением клиентской базы за счет более гибких сервисных моделей. Исследование Ассоциации ФинТех показывает, что российские участники рынка уже видят практическую пользу в использовании партнерских API, а переход к единым Открытым API позволит масштабировать обмен данными, расширить функциональность внутренних систем и клиентских сервисов, а также упростить создание новых продуктов.

На уровне рынка в целом Открытые API связаны с усилением конкуренции, снижением барьеров для входа новых игроков и формированием более динамичной экосистемы финансовых услуг. Международные эмпирические исследования подтверждают, что внедрение Open Banking способно стимулировать вход финтех-компаний и расширять доступ потребителей и малого бизнеса к новым видам финансовых услуг.

Наряду с преимуществами развитие Открытых API сопровождается рядом существенных рисков. Наиболее очевидным из них является риск утечки данных, несанкционированного доступа и мошеннического использования клиентской информации. В исследовании Ассоциации ФинТех подчеркивается, что именно риски утечки данных и несанкционированного доступа участники рынка считают наиболее существенными при расширении информационного обмена. В связи с этим обеспечение информационной безопасности рассматривается как ключевое условие построения среды Открытых API и требует постоянного обновления требований к участникам среды.

Как показывает опрос Ассоциации ФинТех, участники рынка в первую очередь связывают развитие обмена данными через API с рисками утечки клиентских данных и несанкционированного доступа к ним (рис.2). Существенным остается и риск недостаточного контроля авторизации запросов, а также DoS-атак. Следовательно, вопросы информационной безопасности и распределения ответственности должны рассматриваться как базовое условие масштабирования Открытых API в России.

Вторым крупным риском является недостаточная определенность режима ответственности. Чем больше участников включено в обмен данными, тем сложнее установить, кто отвечает за отказ сервиса, передачу неполных сведений, нарушение правил хранения согласий или инцидент информационной безопасности. Поэтому для российской модели критически важны заранее закрепленные правила распределения ответствен-

ности между поставщиками данных, потребителями данных, техническими посредниками и оператором среды. Банк России прямо указывает на необходимость создания правовых условий, которые будут предусматривать порядок подключения к платформе, порядок взаимодействия участников, закрепление ответственности за нарушения и осуществление контрольно-надзорной деятельности.

Рисунок 2 – Основные риски взаимодействия через партнерские API, % опрошенных[6]

Третьим риском выступает инфраструктурная незрелость. Даже при наличии стандартов сама по себе среда не начинает работать автоматически: требуются реестры участников, сервисы управления сертификатами, тестовые стенды, мониторинг доступности API, механизмы обработки инцидентов, техническая поддержка и согласованные SLA.

Наконец, следует учитывать организационную сложность проекта. Российская модель Открытых API затрагивает не только банки, но и страховые компании, брокеров, поставщиков технических сервисов, государственные органы и в перспективе нефинансовые организации. Это означает, что даже при наличии регуляторной поддержки внедрение будет требовать длительного согласования стандартов, выработки общих форматов согласий, апробации пилотных сценариев и адаптации действующего законодательства.

Таким образом, важно отметить, что Открытые API в финансово-банковской сфере представляют собой не просто технологию интеграции информационных систем, а основу новой модели регулируемого обмена данными.

Значение механизма Открытых API состоит в том,

- во-первых, они создают условия для появления инновационных сервисов, повышения конкуренции, улучшения клиентского опыта и постепенного перехода от разрозненного использования данных к формированию целостной цифровой среды финансового рынка;

- во вторых, российская модель внедрения Открытых API строится поэтапно и опирается на гибридный подход, предполагающий развитие сначала Открытых финансов, а после Открытых данных;

-в-третьих, ключевым условием жизнеспособности Открытых API является наличие доверенной инфраструктуры. Такая инфраструктура включает не только сами интерфейсы обмена данными, но и стандарты, механизмы допуска участников, реестры, удостоверяющие сервисы, мониторинг доступности, тестовые среды, правила информационной безопасности и систему управления согласиями. Материалы Банка России и Ассоциации ФинТех сходятся в том, что без этих компонентов невозможно обеспечить ни масштабируемость среды, ни доверие участников и клиентов;

в-четвертых, особое место в этой системе занимает Платформа коммерческих согласий, которая должна будет обеспечить клиенту возможность предоставлять, просматривать и отзывать согласия через единый интерфейс, а также сделать процесс передачи данных более прозрачным и контролируемым. Платформа согласий в российской модели выступает не вспомогательным, а системообразующим элементом, поскольку именно через нее реализуется принцип, согласно которому клиент остается хозяином своих данных и самостоятельно определяет пределы их использования;

- в-пятых, не менее важным является вопрос об операторе среды Открытых API. По по мере расширения числа участников и усложнения инфраструктуры возникает объективная потребность в субъекте или наборе централизованных сервисов, которые обеспечивают регистрацию участников, управление сертификатами, техническую поддержку, мониторинг SLA, урегулирование споров и иные инфраструктурные функции. При этом к оператору среды должны предъявляться повышенные требования по надежности, нейтральности, доступности и безопасности, поскольку именно он способен стать гарантом доверенной среды обмена данными;

- в шестых, инфраструктура, платформа согласий и оператор среды образуют взаимосвязанное ядро российской модели Открытых API. От степени их зрелости будет зависеть, сможет ли финансовый рынок перейти от отдельных пилотных проектов к полноценной системе безопасного и удобного обмена данными. Следовательно, дальнейшее развитие Открытых API должно рассматриваться как одно из стратегических направлений цифровой трансформации банковской сферы России.

Литература

1. СТО БР «Открытые программные интерфейсы. Общие положения». [Электронный ресурс]. URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/185555/20251219_od_2887_1.pdf
2. Влияние технологии открытых API на развитие рынка финансовых услуг. Дроздов Д.А. // Вестник БГУ. Экономика и менеджмент. 2024. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologii-otkrytyh-api-na-razvitie-rynka-finansovyh-uslug (дата обращения: 28.03.2026).
3. Основные направления повышения доступности финансовых услуг в Российской Федерации на период 2025–2027 годов [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/170684/onpdfu_2025-2027.pdf. (дата обращения: 17.03.2026).
4. Основные направления развития финансовых технологий на период 2025 - 2027 годов (одобрены Советом директоров Банка России). [Электронный ресурс]. URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/166399/onfintech_2025-27.pdf.
5. Основные принципы и этапы внедрения Открытых API на финансовом рынке [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/165674/document_2024-09-02.pdf.
6. Открытые API. Мировой опыт и практики на российском рынке [Электронный ресурс]. URL: https://www.fintechru.org/press-center/issledovaniya/otkrytye-api-mirovoy-opyt-i-praktiki-na-rossiyskom-rynke/. (дата обращения: 17.03.2026).
7. Комплекс стандартов Открытых API. [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/fintech/api/prikladnye-standarty/.
8. Концепция развития Open API и Open Banking в Республике Казахстан на 2023–2025 годы. [Электронный ресурс]. URL: https://nationalbank.kz/ru/page/Digital-Financial-Infrastructure. (дата обращения: 28.03.2026).
9. Старт пилота российской платформы для обмена данными банковских клиентов через Open API запланирован на лето. [Электронный ресурс]. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2025-03-07_tsentrobank_perenes_pilotnyj (дата обращения: 17.03.2026).
10. OECD. Open finance policy considerations. [Электронный ресурс]. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/11/open-finance-policy-considerations_932ba548/19ef3608-en.pdf.

Use of Open APIs in the Russian Banking Sector

Markova O.M.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

Open APIs have ceased to be solely a technological initiative and have become an important element of the modern financial market infrastructure. This involves not only data transfer but also the creation of a trusted environment that defines uniform standards, participant connection procedures, information security mechanisms, rules for granting and revoking client consent, and identifies the potential role of a dedicated environment operator. It is important to note that the exchange of client data is only possible with the client's consent, and the Commercial Consent Platform must ensure convenient and secure management of such consents.

This necessitates an analysis of the Open API infrastructure in the banking sector, as well as a study of the role of the Commercial Consent Platform and the environment operator in establishing trusted data exchange. This will help identify the key advantages, risks, and development prospects of the Russian Open API model, taking into account the specifics of the current stage of financial technology development and its application in the digital environment.

Keywords: financial technology, consent platform, data exchange.

References

1. STO BR "Open APIs. General Provisions." [Electronic resource]. URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/185555/20251219_od_2887_1.pdf (accessed: March 17, 2026).
2. The Impact of Open API Technology on the Development of the Financial Services Market. Drozdov, D.A. // Bulletin of BSU. Economics and Management. 2024. No. 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologii-otkrytyh-api-na-razvitie-rynka-finansovyh-uslug (accessed: March 28, 2026).
3. Key Directions for Improving the Availability of Financial Services in the Russian Federation for 2025–2027 [Electronic resource]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/170684/onpdfu_2025-2027.pdf. (Accessed: 17.03.2026).
4. Key Directions for the Development of Financial Technologies for 2025–2027 (approved by the Board of Directors of the Bank of Russia). [Electronic resource]. URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/166399/onfintech_2025-27.pdf.
5. Key Principles and Stages of Implementation of Open APIs in the Financial Market [Electronic resource]. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/165674/document_2024-09-02.pdf.

Проблемные аспекты оценки стоимости инновационных компаний в рамках pre-IPO

Рабовил Илья Борисович
аспирант, факультет экономики, направление 5.2.4 «Финансы», Московский университет «Синергия», irabovil@mail.ru

Предметом исследования являются проблемные аспекты оценки стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO как особой стадии привлечения капитала, на которой формируются инвестиционный профиль бизнеса, параметры его рыночного позиционирования и ориентиры будущей капитализации. Рассматривается проблема определения стоимости инновационной компании в условиях высокой доли нематериальных активов, ограниченной истории финансовых результатов, зависимости от инвестиционных ожиданий, недостаточной зрелости рынка pre-IPO, неполноты сопоставимой информации и значительного влияния внешней институциональной среды. Методологическую основу исследования составляют положения теории оценки бизнеса, подходы к анализу инвестиционной привлекательности инновационных компаний и методы исследования рынка капитала. Научная новизна заключается в систематизации проблем оценки стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO и в конкретизации практических рекомендаций по их преодолению с учетом особенностей инновационного бизнеса и незрелости соответствующего сегмента рынка капитала. Установлено, что ключевыми ограничениями оценки выступают неопределенность справедливой цены, зависимость стоимости от состояния венчурной экосистемы, правовые и регуляторные ограничения, сложность выбора сопоставимых инструментов финансирования и ограниченность рынка инвестиций в технологические компании.

Ключевые слова: инновационные компании, pre-IPO, оценка стоимости бизнеса, стоимость компании, инвестиционная привлекательность, нематериальные активы, рынок капитала, технологические компании.

Введение

Инновационные компании в современных условиях занимают все более значимое место на рынке привлечения капитала, а этап pre-IPO становится для них важнейшей стадией подготовки к публичному размещению, на которой формируются инвестиционный профиль компании, ожидания потенциальных инвесторов и ориентиры будущей рыночной капитализации. Актуальность исследования обусловлена тем, что в 2025 году глобальный рынок IPO начал демонстрировать признаки восстановления: EY отмечала ускорение IPO-активности в третьем квартале 2025 года, а PwC в прогнозе на 2026 год указывала на существенно расширившийся пул IPO-ready компаний, включая более 800 поздних частных «единорогов» [1]. В таких условиях проблема определения обоснованной стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO приобретает особую практическую значимость.

Особенности оценки стоимости компаний в рамках pre-IPO широко раскрыты в трудах Е.В. Азиминой [2], А.Р. Ахатовой [3], С.Г. Главиной [4], О.В. Замуруевой [5], Дж. Коллинза [6], И.А. Молчанова [7], В.А. Приходченко [8], Д.В. Прокопьева [9], А.Л. Рожковского [10], А.А. Толкач [11], Р.Г. Тононян [12] и др., однако в современных исследованиях недостаточно учитывается специфика именно инновационных компаний при оценке стоимости их бизнеса, что подчеркивает актуальность темы настоящей статьи.

Цель исследования: выявить проблемные аспекты оценки стоимости инновационных компаний в рамках pre-IPO и предложить рекомендации по их преодолению.

Задачи исследования:

— определить особенности оценки стоимости бизнеса на этапе pre-IPO;

— выявить и систематизировать проблемы оценки стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO;

— разработать рекомендации по преодолению проблем оценки стоимости инновационных компаний в рамках pre-IPO.

Особенности оценки стоимости бизнеса на этапе pre-IPO

Оценка стоимости бизнеса в современной экономике выступает одним из ключевых инструментов финансового управления, инвестиционного анализа и стратегического развития компании; ее значение возрастает в ситуациях, когда стоимость становится ориентиром для привлечения внешнего капитала, принятия корпоративных решений и согласования интересов собственников и инвесторов — то есть при выходе на рынок IPO.

Рынок IPO представляет собой особый сегмент рынка капитала, на котором частная компания впервые предлагает акции широкому кругу инвесторов и переходит в статус публичного эмитента [13]. Выход на IPO означает не только привлечение финансирования, но и повышение требований к прозрачности, корпоративному управлению и обоснованности рыночной оценки. Этап pre-IPO предполагает формирование инвестиционного профиля компании, параметров позиционирования и ориентиров будущей стоимости. Это промежуточная стадия между частным финансированием и публичным размещением, на которой компания уже ориентируется на требования фондового рынка, но еще не обладает преимуществами публичного статуса. Оценка стоимости здесь характеризуется повышенной сложностью, поскольку должна учитывать не только текущее финансовое состояние, но и качество подготовки к размещению, ожидания инвесторов, структуру капитала, информационную прозрачность и перспективы выхода на биржу.

Прежде всего, оценка стоимости бизнеса на этапе pre-IPO в значительной степени связана с анализом инвестиционной привлекательности компании: в отличие от оценки зрелого публичного бизнеса, здесь стоимость определяется не только сложившимися финансовыми результатами, но и качеством финансовой стратегии, структурой источников финансирования, устойчивостью капитала и способностью компании обеспечить приемлемое соотношение риска и доходности для инвесторов.

Также pre-IPO характеризуется высокой зависимостью оценки стоимости от информационной среды вокруг компании. Поскольку компания еще не является публичной, объем доступной и верифицированной информации о ней ограничен, а значит, существенное влияние на восприятие стоимости могут оказывать аналитические обзоры, оценки экспертов и рыночные ожидания. Зарубежные исследования показывают, что ак-

тивность аффилированных аналитиков на стадии pre-IPO способна формировать избыточно позитивный информационный фон, который влияет на ожидания инвесторов и на параметры оценки бизнеса [14].

Существенной особенностью оценки стоимости бизнеса на этапе pre-IPO является ее зависимость от состояния инфраструктуры данного сегмента рынка. Дополнительные возможности для привлечения капитала обеспечиваются развитием инвестиционных платформ, специализированных механизмов взаимодействия с инвесторами, за счет формирования площадок для компаний малого и среднего бизнеса, однако, как справедливо подчеркивают исследователи, развитие инфраструктуры одновременно означает и более высокие требования к качеству оценки и ее обоснованию [15].

Наконец, важной особенностью оценки стоимости бизнеса на этапе pre-IPO является необходимость учета решений, которые могут повлиять на поведение стоимости уже после выхода компании на публичный рынок. Зарубежные исследования показывают, что отдельные действия, совершаемые до IPO, в том числе в сфере распределения денежных потоков и финансовой политики компании, способны повышать риск последующего снижения цены акций после размещения [17]. Отсюда оценка на этапе pre-IPO должна учитывать не только потенциал привлечения капитала, но и качество финансовой политики компании, ее влияние на будущую устойчивость рыночной стоимости.

Проблемы оценки инновационных компаний в рамках pre-IPO

Инновационные компании как объект стоимостной оценки характеризуются высокой долей нематериальных активов, зависимостью результатов от научно-технологического потенциала, ограниченной ретроспективой финансовых показателей, повышенной чувствительностью к ожиданиям инвесторов и значительной ролью внешней среды. Если для зрелого бизнеса основой оценки выступают сложившиеся денежные потоки и сопоставимые рыночные ориентиры, то для инновационных компаний стоимость во многом определяется будущими возможностями роста, вероятностью масштабирования технологии и способностью перейти от инновационного потенциала к устойчивой коммерческой модели. В рамках pre-IPO проблемы оценки проявляются особенно отчетливо и требуют систематизации (таблица 1).

Таблица 1
Основные проблемы оценки инновационных компаний в рамках pre-IPO

Проблема	Описание проблемы
Ограниченная определенность справедливой цены	Стоимость формируется в условиях нестабильной рыночной среды и высокой зависимости от ожиданий инвесторов
Недостаточная зрелость рынка pre-IPO	Сегмент остается развивающимся, что ограничивает стандартизацию процедур и снижает сопоставимость сделок
Зависимость оценки от состояния венчурной экосистемы	Качество оценки связано с доступностью венчурного капитала, институциональной поддержкой инноваций и зрелостью инвестиционной среды
Неполная определенность регуляторных и правовых условий	Требования к раскрытию информации, структуре сделки и корпоративной подготовке усиливают неопределенность оценки
Сложность выбора сопоставимых инструментов финансирования	Для инновационных компаний трудно определить рыночные ориентиры из-за различий между механизмами привлечения капитала
Ограниченность рынка инвестиций в технологические компании	Узкий сегмент инвесторов и неоднородность сделок затрудняют рыночную верификацию стоимости

Источник: составлено автором по данным [18–23].

Во-первых, ограниченная определенность справедливой цены. Даже в отношении более зрелых эмитентов исследователи отмечают, что ценообразование сделок IPO остается чувствительным к изменению конъюнктуры [18]. Для инновационных компаний эта проблема проявляется сильнее, поскольку их стоимость в большей степени зависит от ожиданий будущего роста. Это подтверждается практикой оценки технологических компаний на поздних стадиях финансирования и при выходе на публичный рынок. Так, Instacart в частном раунде марта 2021 г. оценивалась в 39 млрд долл., тогда как при IPO в сентябре 2023 г. ее оценка составила лишь 9,9 млрд долл., то есть снизилась примерно на 74,6% [19]. Аналогично Klarna в ходе down round в 2022 г. сократила оценку с 46 млрд до 6,7 млрд долл., то есть примерно на 85%, что наглядно демонстрирует масштаб возможной коррекции стоимости инновационного бизнеса при изменении рыночных условий и инвестиционных ожиданий [20]. Публичный рынок обычно требует дисконта: в США IPO традиционно размещаются с существенным дисконтом, а в 2025 г. по ряду сделок haircut достигал 30% и более [21]. По данным Дж. Риттера, средняя доходность первого дня IPO за 1980–2025 гг. составила 18,8%, а для технологических IPO в 1980–2023 гг. достигала 19,8% против 11,6% у нетехнологических [22].

Во-вторых, недостаточная зрелость самого рынка pre-IPO. Российская практика pre-IPO пока не отличается высокой степенью стандартизации, а сделки часто реализуются в условиях ограниченной прозрачности [23]. Объем российского рынка pre-IPO в 2024 г. составил около 3,8 млрд руб. при восьми сделках, а в первом полугодии 2025 г. состоялось лишь три сделки, что указывает на узость выборки и недостаточность сопоставимых рыночных ориентиров [16]. На фоне ожиданий Московской биржи о возможности проведения около 50 сделок pre-IPO со средним размером около 500 млн руб. фактическая активность сегмента оставалась значительно ниже: по итогам 2025 г. объем размещений снизился почти вдвое [24]. В сравнении: на Московской бирже в 2025 г. объем биржевых публичных размещений акций достиг 125,2 млрд руб. [25].

В-третьих, зависимость оценки инновационных компаний от состояния венчурной экосистемы: инновационный бизнес развивается в тесной связи с доступностью капитала, качеством институтов поддержки, активностью инвесторов ранних стадий и механизмами коммерциализации разработок [26]. Ограниченность экосистемы подтверждается и текущими количественными параметрами российского венчурного рынка: в первом полугодии 2025 г. объем сделок составил 78 млн долл. против 46 млн долл. годом ранее, однако количество сделок сократилось на 27%, а средний чек вырос почти в 2,5 раза, до 1,4 млн долл., что свидетельствует скорее о концентрации капитала в меньшем числе проектов, чем о расширении устойчивой инвестиционной среды. По итогам 2025 г. российский венчурный рынок в целом сократился на 10%, до 7,2 млрд руб., а количество сделок уменьшилось на 30%; одновременно государственные инвестиции снизились с 1,29 млрд руб. в 13 сделках до 1,18 млрд руб. в 9 сделках, а корпоративные на 48%, с 446,5 млн до 232 млн руб. [27]. Более того, в России доля венчурного инвестирования на посевной стадии составляет 7%, а на начальной 20%, тогда как по странам ОЭСР соответствующие показатели достигают 10,5% и 52,8% [28].

В-четвертых, определенность правовых и регуляторных условий. Для инновационных компаний значение приобретают требования к корпоративной структуре, раскрытию информации, юридической чистоте активов, правам на результаты интеллектуальной деятельности [29]. В регистрационных материалах Figure Technology Solutions в числе существенных факторов риска отдельно выделены вопросы интеллектуальной собственности, защиты данных и соблюдения требований privacy и data protection [30]. Аналогично Rank One Computing в материалах IPO специально выделяет блок рисков, связанных с интеллектуальной собственностью, информационными технологиями и кибербезопасностью [31].

Помимо этого, значимой проблемой остается и сложность выбора сопоставимых инструментов привлечения финансирования, которые могли бы использоваться как ориентир при оценке стоимости инновационной компании. В рамках pre-IPO инновационный бизнес находится на стыке различных моделей финансирования: венчурного капитала, прямых инвестиций, закрытых частных размещений и будущего публичного предложения. Исследователи, сравнивая механизмы привлеченного финансирования бизнеса, показывают, что каждый из них предполагает различную структуру риска, доходности, контроля и ожиданий со стороны инвесторов [32]. Отсюда возникает методическая проблема: при определении стоимости инновационной компании на этапе pre-IPO трудно выбрать универсальную базу сопоставления, поскольку компания уже выходит за рамки типичного венчурного проекта, но еще не стала полноценным публичным эмитентом.

Наконец, самостоятельной проблемой выступает ограниченность самого рынка инвестиций в технологические компании, поскольку для адекватной оценки инновационного бизнеса необходимо наличие достаточного числа рыночных ориентиров, активного инвестиционного спроса и относительно устойчивых практик заключения сделок. Однако российский рынок инвестиций в технологические компании пока остается узким и неоднородным, а число сопоставимых кейсов ограничено [33]. Снижается возможность рыночной верификации стоимости, усложняется использование сравнительного подхода и усиливается зависимость итоговой оценки от экспертных допущений. По оценкам Dsight, более 65% крупных инвестиций в проекты с русскоязычными основателями в 2025 г. пришлось на поздние стадии развития или этап, предшествующий IPO [34].

Рекомендации по оценке стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO

Для преодоления выявленных проблем оценки стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO предлагаются рекомендации (таблица 2).

Для преодоления проблемы ограниченной определенности справедливой цены целесообразно использовать сценарный подход к оценке. В рамках pre-IPO недопустимо исходить из одного линейного варианта развития бизнеса, поскольку стоимость зависит от темпов роста, успешности масштабирования, готовности инвесторов участвовать в сделке и общего состояния рынка. Более обоснованным является формирование нескольких сценариев оценки, отражающих различные варианты развития компании, что позволит показать диапазон возможной стоимости и снизить риск искусственной фиксации заведомо завышенной или заниженной оценки.

Таблица 2
Рекомендации по оценке стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO

Проблема	Рекомендация
Ограниченная определенность справедливой цены	Использовать сценарный подход к оценке стоимости с выделением базового, оптимистического и консервативного вариантов
Недостаточная зрелость рынка pre-IPO	Формировать оценку на основе сочетания нескольких подходов и фиксировать диапазон стоимости, а не единственную точечную величину
Зависимость оценки от состояния венчурной экосистемы	Учитывать внешнюю инвестиционную среду и корректировать оценку с учетом доступности капитала и зрелости экосистемы
Неполная определенность правовых и регуляторных условий	Проводить правовую и корпоративную верификацию факторов стоимости до расчета итоговой оценки
Сложность выбора сопоставимых инструментов финансирования	Использовать расширенную систему сравнений, включающую не только прямые аналоги, но и сделки смежных сегментов финансирования
Ограниченность рынка инвестиций в технологические компании	Усиливать аналитическое обоснование оценки за счет качественного анализа бизнес-модели, технологий и перспектив коммерциализации

Источник: составлено автором.

Для преодоления проблемы недостаточной зрелости рынка pre-IPO следует формировать оценку на основе сочетания нескольких подходов и интерпретировать результат как диапазон, а не как единственную точечную величину. Более корректным является использование доходного, сравнительного и затратного подходов в согласованном сочетании с последующим выделением интервала стоимости. Например, если по доходному подходу стоимость инновационной компании составляет 1,2 млрд руб., по сравнительному подходу 0,9–1,1 млрд руб., а по затратному 0,75 млрд руб., то итоговая pre-IPO-оценка не должна механически фиксироваться на уровне 1,2 млрд руб. Более корректно определить рабочий диапазон в интервале 0,9–1,1 млрд руб., рассматривая затратную оценку как нижнюю контрольную границу, а доходную как верхнюю при реализации благоприятного сценария.

В целях преодоления проблемы зависимости оценки от состояния венчурной экосистемы необходимо учитывать внешнюю инвестиционную среду как самостоятельный фактор стоимости: следует анализировать доступность венчурного и частного капитала, активность технологических инвесторов, состояние инфраструктуры поддержки инноваций и общую зрелость инвестиционной среды. Если инновационная компания демонстрирует высокий внутренний потенциал роста, но действует в условиях слабой венчурной экосистемы, ограниченного числа инвесторов и низкой частоты сопоставимых сделок, итоговая pre-IPO-оценка должна определяться с поправкой на ограниченность возможностей капитализации данного потенциала.

Для решения проблемы неполной определенности правовых и регуляторных условий необходимо проводить правовую и корпоративную верификацию факторов стоимости до расчета итоговой оценки. Речь идет о проверке структуры собственности, качества корпоративного управления, степени защиты прав на интеллектуальную собственность, полноты раскрытия значимой информации и соответствия компании требованиям, предъявляемым к эмитентам, ориентированным на рынок капитала. Без верификации даже формально корректная финансовая оценка может оказаться недостаточно надежной, поскольку часть стоимости инновационной компании напрямую зависит от юридической оформленности ее ключевых активов и корпоративной устойчивости.

Преодоление сложности выбора сопоставимых инструментов финансирования требует использования расширенной системы сравнений: при оценке инновационной компании нецелесообразно ограничиваться только прямыми аналогами, число которых, как правило, невелико. Более продуктивным является сопоставление с несколькими группами ориентиров: сделками поздних венчурных раундов, частными размещениями, компаниями, готовящимися к IPO, и уже публичными технологическими компаниями, сопоставимыми по масштабу и стадии развития.

Для решения проблемы ограниченности рынка инвестиций в технологические компании необходимо усиливать аналитическое обоснование оценки за счет качественного анализа бизнеса. Если рыночных ориентиров недостаточно, возрастает значение глубокого анализа самой компании: ее технологии, бизнес-модели, конкурентных преимуществ, стратегии коммерциализации, барьеров входа на рынок и потенциала масштабирования. Качественный анализ не заменяет финансовую оценку, а дополняет ее: чем выше подтвержденность технологической состоятельности, клиентского спроса и потенциала масштабирования, тем более обоснованным является выбор верхней части диапазона стоимости.

Заключение

Оценка стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO определяется тем, что стоимость компании формируется в условиях ограниченной рыночной определенности, высокой зависимости от инвестиционных ожиданий, неполноты доступной информации и повышенной чувствительности к состоянию инфраструктуры рынка капитала. Применительно к инновационным компаниям эти особенности усиливаются за счет высокой доли нематериальных активов, зависимости от технологического потенциала, ограниченной истории финансовых результатов и значительной роли внешней инвестиционной среды.

Ключевыми проблемами оценки выступают ограниченная определенность справедливой цены, недостаточная зрелость рынка pre-IPO, зависимость от состояния венчурной экосистемы, правовые и регуляторные ограничения, сложность выбора сопоставимых механизмов финансирования и ограниченность рынка инвестиций в технологические компании. Для их преодоления предложены рекомендации, основанные на сценарном подходе, использовании диапазона стоимости, учете внешней инвестиционной среды, правовой и корпоративной верификации факторов стоимости, расширении базы сравнений и углубленном анализе внутренних характеристик бизнеса. Реализация указанных рекомендаций позволит повысить обоснованность оценки стоимости инновационных компаний на этапе pre-IPO и снизить зависимость итогового результата от случайных рыночных сигналов.

Литература

1. EY Global IPO Trends Q3 2025 [Электронный ресурс] // EY. 08.10.2025. URL: https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-gl/insights/ipo/documents/ey-gl-global-ipo-trends-report-q3-10-2025.pdf (дата обращения: 01.04.2026).

2. Азимина Е.В., Бичун Ю.А., Рыкова Ю.А. Методологические основы применения процессного подхода в управлении инновационной деятельностью предприятия : монография / под общ. ред. Е.В. Азиминой. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2024. 243 с.

3. Ахатов А.Р. Особенности формирования рыночной оценки российских компаний при выходе на IPO в условиях нестабильной макроэкономической среды // Финансовые рынки и банки. 2025. № 5. С. 174–178.

4. Главина С.Г. IPO: от старого к новому : монография. М. : ИНФРА-М, 2026. 335 с.

5. Замуруева О.В. Стратегии выхода на IPO: финансовые и организационные аспекты // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 4.

6. Коллинз Дж.С., Хансен М. По собственному выбору: от хорошего к великому / пер. с англ. Л. Сумм. М. : МИФ, 2025. 446 с.

7. Молчанов И.А. Анализ и оценка эффективности IPO российских компаний // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2024. Т. 10. № 3 (39). С. 307–313.

8. Приходченко В.А. Обсуждение мер Банка России по повышению информационной прозрачности на рынке ценных бумаг // Финансовые рынки и банки. 2025. № 10. С. 177–180.

9. Прокопьев Д.В. Формирование практических рекомендаций по применению модели оценки нематериальных активов для различных целей оценки футбольного клуба // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 1.

10. Рожковский А.Л. Вопросы оценки в стратегиях роста стоимости компании при проведении первичных публичных размещений (IPO) // Финансы и кредит. 2025. Т. 31. № 11. С. 184–203.

11. Толкач А.А. Комьюнити-менеджмент и оперирование игрой: две стороны одной медали. М. : Эксмо : Бомбора, 2025. 174 с.

12. Тоноян Р.Г. Определение IPO-дисконта при первичных публичных размещениях акций в России после 2022 г. // Финансовые рынки и банки. 2025. № 7. С. 255–259.

13. Плохотнюк К.С., Петрова Н.П. Влияние стоимости источников финансирования на оценку инвестиционной привлекательности российских компаний // Финансовый бизнес. 2025. № 8 (266). С. 145–149.

14. Qian Y., Shao X., Liao J. Pre-IPO hype by affiliated analysts: motives and consequences // Journal of Corporate Finance. 2024. Vol. 89. Art. 102648.

15. Буров П.Д. Развитие инфраструктуры для сделок pre-IPO: от инвестиционных платформ до биржи для МСП // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2025. № 5. С. 19–25.

16. Бахарь И.В. Рынок pre-IPO в России - ключевые тенденции, драйверы роста и ограничивающие факторы // Аудиторские ведомости. 2025. № 4. С. 23–30.

17. Zhang J., Li X., Zhao Y., Feng J. Pre-IPO dividend and post-IPO stock price crash risk // Finance Research Letters. 2025. Vol. 86. Art. 108719.

18. Сегаль А.Е. Особенности ценообразования сделок IPO в России в «новой реальности» (с 2022 г.) // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2025. Т. 60. № 5. С. 68–95.

19. Wang E. Instacart valued at $9.9 bln as IPO market rebounds // Reuters. 18.09.2023. URL: https://www.reuters.com/markets/deals/instacart-valued-99-billion-ipo-2023-09-18/ (дата обращения: 10.04.2026).

20. Swedish payments firm Klarna raises $800 million as valuation plunges 85% // Reuters. 11.07.2022. URL: https://www.reuters.com/business/finance/klarnas-valuation-slumps-67-bln-with-800-mln-raise-2022-07-11/ (дата обращения: 10.04.2026).

21. Breakingviews: Cut-price IPOs will be the new normal // Reuters. 17.09.2025. URL: https://www.reuters.com/commentary/breakingviews/cut-price-ipos-will-be-new-normal-2025-09-17/ (дата обращения: 10.04.2026).

22. Ritter J.R. Initial Public Offerings: Underpricing; Initial Public Offerings: Technology Stock IPOs // University of Florida, Warrington College of Business. 2026. URL: https://site.warrington.ufl.edu/ritter/files/IPOs-Underpricing.pdf

23. Тропина Ж.Н. Пре-IPO, перспективы развития процесса на российском финансовом рынке // Финансовые рынки и банки. 2024. № 6. С. 102–106.

24. Мосбиржа запланировала около 50 сделок pre-IPO // РБК Инвестиции. 28.06.2025. URL: https://www.rbc.ru/quote/news/article/685ee3b89a79470e046a20d0 (дата обращения: 10.04.2026).

25. Рынок IPO и SPO в 2025 году: тенденции и результаты // Банк России. 26.03.2026. URL: https://www.cbr.ru/press/event/?id=28429 (дата обращения: 10.04.2026).

26. Руденко Л.Г. Формирование венчурной экосистемы России как необходимое условие производства инноваций // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2025. Т. 35. № 3. С. 429–438.

27. В 2025-м российский венчурный рынок сократился на 10% — до 7,2 млрд руб.: количество сделок снизилось на 30% // RB.RU. 16.12.2025. URL: https://rb.ru/news/v-2025-m-rossijskij-venchurnyj-rynok-sokratilsya-na-10-do-72-mlrd-kolichestvo-sdelok-snizilos-na-30/

28. Венчурные инвестиции в ИТ-сектор России // Tadviser. 22.09.2025. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Венчурные_инвестиции_в_ИТ-сектор_России (дата обращения: 10.04.2026).

29. Карпов К.А. Финансово-правовое регулирование процедуры первичного публичного и вторичного размещения ценных бумаг в Российской Федерации // Финансовое право. 2024. № 3. С. 24–26.

30. Figure Technology Solutions, Inc. Form S-1/A // U.S. Securities and Exchange Commission. 02.09.2025. URL: https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/2064124/000162828025041443/figuretechnologysolutionsi.htm (дата обращения: 10.04.2026).

31. Rank One Computing Corp. Form S-1 // U.S. Securities and Exchange Commission. 2024. URL: https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/2011514/000110465924122098/tm245520-18_s1.htm (дата обращения: 10.04.2026).

32. Древинг С.Р., Борисова О.В. Сравнительная характеристика механизмов привлеченного финансирования бизнеса // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2024. № 6 (273). С. 20–30.

33. Степанов А.А. Состояние и тенденции развития российского рынка инвестиций в технологические компании // Конкурентоспособность территорий : материалы XXVIII Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2025. С. 90–92.

34. Алмазы и роботы: каким российским компаниям дали больше всего денег в 2025 году // Forbes. 14.01.2026. URL: https://www.forbes.ru/svoi-biznes/553435-almazy-i-roboty-kakim-rossijskim-kompaniam-dali-bol-se-vsego-deneg-v-2025-godu

Problematic aspects of innovative companies valuation in the pre-ipo stage

Rabovil Il.B.

Moscow University "Synergy"

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The subject of the study is the problematic aspects of valuing innovative companies at the pre-IPO stage as a specific phase of capital raising in which the company's investment profile, market positioning and future capitalisation benchmarks are formed. The paper examines the problem of determining the value of an innovative company under conditions of a high share of intangible assets, a limited financial track record, dependence on investor expectations, insufficient maturity of the pre-IPO market, incomplete comparable information and the significant influence of the external institutional environment. The methodological basis is formed by business valuation theory, approaches to the analysis of investment attractiveness, and methods for studying the capital market. The scientific novelty lies in the systematisation of valuation problems at the pre-IPO stage and in practical recommendations for overcoming them. The study establishes that key constraints are the uncertainty of fair value, dependence on the state of the venture ecosystem, legal and regulatory restrictions, the difficulty of selecting comparable financing instruments and the limited market for investment in technology companies.

Keywords: innovative companies, pre-IPO, business valuation, company value, investment attractiveness, intangible assets, capital market, technology companies.

References

1. EY Global IPO Trends Q3 2025. EY. 08.10.2025. Available at: https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-gl/insights/ipo/documents/ey-gl-global-ipo-trends-report-q3-10-2025.pdf (accessed: 01.04.2026).
2. Azimina E.V., Bichun Yu.A., Rykova Yu.A. Methodological foundations of applying the process approach in the management of innovative activities of an enterprise: monograph. Ed. by E.V. Azimina. St. Petersburg, SPbGEU Publ., 2024. 243 p. (In Russ.).
3. Akhatov A.R. Features of the formation of market valuation of Russian companies when going public under an unstable macroeconomic environment. Finansovye rynki i banki. 2025. No. 5. P. 174–178. (In Russ.).
4. Glavina S.G. IPO: from old to new: monograph. Moscow, INFRA-M Publ., 2026. 335 p. (In Russ.).
5. Zamurueva O.V. IPO exit strategies: financial and organizational aspects. Vestnik evraziyskoy nauki. 2025. Vol. 17. No. 4. (In Russ.).
6. Collins J.S., Hansen M. Great by Choice. Transl. from English by L. Summ. Moscow, MIF Publ., 2025. 446 p. (In Russ.).
7. Molchanov I.A. Analysis and evaluation of the effectiveness of IPOs of Russian companies. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Selskokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki. 2024. Vol. 10. No. 3 (39). P. 307–313. (In Russ.).
8. Prikhodchenko V.A. Discussion of the measures of the Bank of Russia to enhance information transparency in the securities market. Finansovye rynki i banki. 2025. No. 10. P. 177–180. (In Russ.).
9. Prokopyev D.V. Practical recommendations for applying an intangible asset valuation model for various valuation purposes of a football club. Vestnik evraziyskoy nauki. 2025. Vol. 17. No. 1. (In Russ.).
10. Rozhkovskiy A.L. Valuation issues in company value growth strategies during IPOs. Finansy i kredit. 2025. Vol. 31. No. 11. P. 184–203. (In Russ.).
11. Tolkach A.A. Community management and game operation. Moscow, Eksmo: Bombora Publ., 2025. 174 p. (In Russ.).
12. Tonoyan R.G. Determination of the IPO discount in initial public offerings in Russia after 2022. Finansovye rynki i banki. 2025. No. 7. P. 255–259. (In Russ.).
13. Plokhotnyuk K.S., Petrova N.P. The influence of the cost of financing sources on the assessment of the investment attractiveness of Russian companies. Finansovyy biznes. 2025. No. 8 (266). P. 145–149. (In Russ.).
14. Qian Y., Shao X., Liao J. Pre-IPO hype by affiliated analysts: motives and consequences. Journal of Corporate Finance. 2024. Vol. 89. Article 102648.
15. Burov P.D. Development of infrastructure for pre-IPO transactions: from investment platforms to a stock exchange for SMEs. Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo. 2025. No. 5. P. 19–25. (In Russ.).
16. Bakhar I.V. The pre-IPO market in Russia - key trends, growth drivers and limiting factors. Auditorskie vedomosti. 2025. No. 4. P. 23–30. (In Russ.).
17. Zhang J., Li X., Zhao Y., Feng J. Pre-IPO dividend and post-IPO stock price crash risk. Finance Research Letters. 2025. Vol. 86. Article 108719.
18. Segal A.E. Features of IPO transaction pricing in Russia in the "new reality" (since 2022). Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika. 2025. Vol. 60. No. 5. P. 68–95. (In Russ.).
19. Wang E. Instacart valued at $9.9 bln as IPO market rebounds. Reuters. 18.09.2023. Available at: https://www.reuters.com/markets/deals/instacart-valued-99-billion-ipo-2023-09-18/ (accessed: 10.04.2026).
20. Swedish payments firm Klarna raises $800 million as valuation plunges 85%. Reuters. 11.07.2022. Available at: https://www.reuters.com/business/finance/klarnas-valuation-slumps-67-bln-with-800-mln-raise-2022-07-11/ (accessed: 10.04.2026).
21. Breakingviews: Cut-price IPOs will be the new normal. Reuters. 17.09.2025. Available at: https://www.reuters.com/commentary/breakingviews/cut-price-ipos-will-be-new-normal-2025-09-17/ (accessed: 10.04.2026).
22. Ritter J.R. Initial Public Offerings: Underpricing; Initial Public Offerings: Technology Stock IPOs. University of Florida, Warrington College of Business. 2026. Available at: https://site.warrington.ufl.edu/ritter/files/IPOs-Underpricing.pdf (accessed: 10.04.2026).
23. Tropina Zh.N. Pre-IPO, prospects for the development of the process in the Russian financial market. Finansovye rynki i banki. 2024. No. 6. P. 102–106. (In Russ.).
24. Moscow Exchange planned about 50 pre-IPO transactions. RBC Investments. 28.06.2025. Available at: https://www.rbc.ru/quote/news/article/685ee3b89a79470e046a20d0 (accessed: 10.04.2026). (In Russ.).
25. The IPO and SPO market in 2025: trends and results. Bank of Russia. 26.03.2026. Available at: https://www.cbr.ru/press/event/?id=28429 (accessed: 10.04.2026). (In Russ.).
26. Rudenko L.G. Formation of the venture ecosystem of Russia as a necessary condition for producing innovations. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i pravo. 2025. Vol. 35. No. 3. P. 429–438. (In Russ.).
27. In 2025, the Russian venture market shrank by 10% — to 7.2 billion rubles: the number of deals decreased by 30%. RB.RU. 16.12.2025. Available at: https://rb.ru/news/v-2025-m-rossijskij-venchurnyj-rynok-sokratilsya-na-10-do-72-mlrd-kolichestvo-sdelok-snizilos-na-30/ (accessed: 10.04.2026). (In Russ.).

28. Venture investments in the Russian IT sector. Tadviser. 22.09.2025. Available at: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Венчурные_инвестиции_в_ИТ-сектор_России (accessed: 10.04.2026). (In Russ.).

Учетно-аналитическое обеспечение управления добавленной стоимостью в зеленом туризме

Соломина Ирина Юрьевна
кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры туризма и гостиничного дела, Российский новый университет, Siu@bk.ru,

Бастрыкина Татьяна Станиславовна
кандидат философских, профессор, директор Высшей школы дизайна, Российский государственный университет туризма и сервиса, balusha21@mail.ru,

Остапчук Татьяна Владимировна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, tostapchuk@rgau-msha.ru

Предметом настоящего исследования выступает комплекс методов и процедур бухгалтерского, налогового и управленческого учета, ориентированных на распознавание, квантификацию и перераспределение добавленной стоимости, генерируемой предприятиями зеленого туризма. Актуальность темы обусловлена противоречием между форсированным ростом экологически ориентированных туристских потоков и отсутствием целостной системы измерителей, способных отразить вклад данных хозяйствующих субъектов в региональный валовой продукт и одновременно учесть природоохранные издержки. Опираясь на сравнительный анализ действующих методик учета в туризме, в том числе закрепленных в отраслевых положениях и международных стандартах финансовой отчетности, авторами выделены ключевые разрывы, препятствующие формированию достоверной картины создания стоимости в сельских гостевых домах, глэмпингах и экотуроператорах. Предложен интегрированный контур счетов, позволяющий дифференцировать экологические расходы, сегментировать доходы по видам туристского продукта и рассчитывать чистую добавленную стоимость с поправкой на экстерналии. Доказано, что введение отдельного субсчета для учета природоохранных обязательств и трансакционных издержек на поддержание экосистемных услуг повышает прозрачность управленческой отчетности. На примере условной глэмпинг-локации продемонстрировано, как предложенная методика трансформирует оценку рентабельности, смещая акцент с краткосрочной прибыли на долгосрочный прирост устойчивой стоимости.
Ключевые слова: зеленый туризм, добавленная стоимость, учетное обеспечение, бухгалтерский учет, налогообложение, устойчивое развитие, экологический туризм, управленческий учет, региональная экономика, природопользование.

Введение

Ускоренная переориентация мировой туристской индустрии на принципы декарбонизации и сохранения биоразнообразия превращает зеленый туризм из нишевого увлечения в значимый фактор социально-экономического развития периферийных территорий. При этом под зеленым туризмом можно понимать совокупность видов рекреационной деятельности, минимизирующих антропогенное давление на природные комплексы и обеспечивающих справедливое распределение выгод между местными сообществами и предпринимателями.

Однако стремительный рост количества гостевых домов, эко-кемпингов, глэмпингов и фермерских туристских хозяйств не сопровождается адекватным расширением учетного аппарата, способного улавливать и документировать реальный экономический вклад указанных субъектов. Кроме того, традиционная бухгалтерия по-прежнему ориентирована на типовые гостиничные форматы, из-за чего значительная часть доходов, генерируемых в сегменте малых средств размещения, либо полностью выпадает из статистического наблюдения, либо отражается в смешанной категории, затрудняющей выделение именно зеленой компоненты стоимости.

Современная экономическая литература содержит несколько пересекающихся направлений, частично освещающих данную проблему. А.А. Бекоева, анализируя особенности налогового и бухгалтерского учета в туризме на территории Российской Федерации, пришла к выводу, что действующий режим не дифференцирует традиционные и экологически ориентированные средства размещения, а потому не создает стимулов к раскрытию экологической составляющей в отчетности [1].

Данную линию дополняют А.Ю. Бунина, С.М. Поленова и Д.А. Гриднев, указывающие на отсутствие в отраслевых рекомендациях четкого разграничения доходов от оказания основных услуг и доходов от реализации сопутствующих экологических сервисов, что искажает структуру добавленной стоимости [2].

Е.М. Мажигова и А.А. Ахмадова подчеркивают, что система налогообложения малых туристских предприятий построена таким образом, что выгоднее не показывать полный объем выручки, чем инвестировать в дорогостоящую сертификацию экологического продукта [12].

Общим для этих работ является признание необходимости совершенствования нормативной базы, однако авторы оставляют вне поля зрения построение целостного учетного контура, который охватывал бы не только налоговый, но и управленческий, а также статистический разрезы.

Второе направление исследований фокусируется непосредственно на зеленом туризме как форме предпринимательства. Н.А. Козлова, рассматривая предпринимательские основы развития зеленого туризма, отмечает, что устойчивость подобных проектов напрямую зависит от возможности продемонстрировать инвесторам и грантодателям прозрачную модель формирования добавленной стоимости, включая монетизацию экосистемных услуг [4].

Близкую позицию занимают М.М. Мухаммедов, С.А. Исхакова и С.Ш.У. Турабеков, доказывающие, что инновационная экономика требует от зеленого туризма перехода от простой фиксации доходов к управлению стоимостью на всех этапах цепочки создания туристского продукта [13]. Примечательно, что оба исследования концентрируются на макроэкономических эффектах, практически не затрагивая бухгалтерский инструментарий, с помощью которого предприниматель мог бы ежедневно управлять финансовыми потоками, формирующими добавленную стоимость.

Третье направление связано с попытками адаптировать международные подходы к учету в туризме. С.М. Курбанова, прорабатывая методологические аспекты применения МСФО в туристской сфере, делает вывод о целесообразности введения отдельного стандарта для туристских операций, который позволил бы признавать выручку не по моменту оплаты, а по стадиям исполнения комплексного продукта, включающего экологические опции [6].

Вместе с тем, фокус на МСФО оставляет нерешенной задачу сопряжения управленческого учета с бухгалтерским в малых предприятиях, составляющих основу зеленого туризма. С.М. Имяреков, Л.А. Пониматкина и О.Е. Лебедева, прогнозируя перспективы зеленого туризма, спра-

ведливо указывают на растущую потребность в интегральном показателе, который совмещал бы финансовые и нефинансовые показатели устойчивости [3], однако методика расчета такого индикатора авторами не детализируется.

Таким образом, анализ публикаций вскрывает устойчивый разрыв между признанием высокой значимости зеленого туризма для региональной экономики и отсутствием законченной системы учетного обеспечения процесса создания добавленной стоимости в данном секторе. При этом существующие разработки либо сконцентрированы на общих вопросах налогообложения и бухгалтерской отчетности, либо носят макроэкономический характер, тогда как прикладной инструментарий, позволяющий хозяйствующему субъекту фиксировать, накапливать и интерпретировать данные о добавленной стоимости в разрезе экологических и социальных эффектов, остается несистематизированным.

Устранение данного пробела представляет собой актуальную научную задачу, решение которой способно повысить инвестиционную привлекательность зеленого туризма и точность сателлитных счетов.

Цель исследования заключается в разработке методики комплексного учетно-аналитического обеспечения управления добавленной стоимостью в хозяйствующих субъектах зеленого туризма, интегрирующей элементы финансового, налогового и управленческого учета и ориентированной на раскрытие экологической составляющей стоимости.

Методологическая база работы опирается на системный и воспроизводственный подходы к анализу экономических явлений. В качестве исходной теоретической платформы использованы концептуальные положения экономики природопользования, теории добавленной стоимости, а также нормативные акты, регулирующие бухгалтерский учет и налогообложение в Российской Федерации, включая федеральные стандарты бухучета, План счетов, Налоговый кодекс и отраслевые рекомендации для туристской деятельности.

Частные методики сбора и обработки данных включают контент-анализ отчетности малых предприятий, функционирующих в сегменте зеленого туризма на территориях четырех пилотных регионов (Республика Карелия, Алтайский край, Калининградская область, Краснодарский край). При этом выборка формировалась методом направленного отбора, исходя из наличия у респондента сертификации «Эко-отель» или аналогичного документа, а также готовности к экспертному интервью.

Основу эмпирической части составили полуструктурированные интервью с руководителями и бухгалтерами экономических агентов, дополненные анализом данных их управленческой отчетности, которая велась параллельно обязательному учету.

Данное сочетание позволило сопоставить картину добавленной стоимости, фиксируемую в налоговых регистрах, с той, что вытекает из оперативного учета движения денежных средств, натуральных показателей заполняемости и данных о трудозатратах собственников.

Математическая обработка предусматривала расчет показателей валовой добавленной стоимости, чистой добавленной стоимости с поправкой на экологические издержки и мультипликатора локального удержания стоимости. Для верификации предложенной методики использован метод кейс-стади: на примере типичного глэмпинг-комплекса из 10 модулей, расположенного в прибрежной зоне Ладожского озера, смоделированы три сценария учета – действующий стандартизованный, предложенный модифицированный и прокси-сценарий на основе экологической сертификации.

Основная часть

Выполненный анализ показал, что доминирующая в малых предприятиях зеленого туризма упрощенная система учета создает систематическое смещение в оценках добавленной стоимости. У 63 % обследованных субъектов выручка от продажи дополнительных рекреационных и просветительских услуг (экскурсии по экотропам, мастер-классы по традиционным ремеслам, гастрономические программы) объединяется в единый массив с доходами от проживания, вследствие чего теряется возможность выделить экологическую ренту.

Кроме того, расходы на поддержание природного капитала (восстановление нарушенного почвенного покрова, очистку прилегающих акваторий, мониторинг биоразнообразия) в 91 % случаев списываются на общие административные или хозяйственные нужды, что размывает представление о себестоимости экологического продукта.

Подобная практика не только искажает расчет чистой добавленной стоимости на микроуровне, но и обесценивает статистические данные о вкладе в валовой региональный продукт, поскольку информационные потоки, поступающие от предприятий в региональные комитеты по туризму, оказываются несопоставимыми [5, 8, 15].

Для преодоления выявленной фрагментации разработана структура добавочного плана счетов, адаптированная к потребностям зеленого туризма. Ключевым элементом выступает введение специального субсчета «Природоохранные обязательства и экосистемные услуги» к счету 20 «Основное производство» либо к счету 44 «Расходы на продажу», если речь идет о туристских операторах.

По дебету предлагается отражать фактические затраты на компенсацию экологического ущерба, восстановительные мероприятия, независимую экосертификацию, а также расчетные суммы отложенных обязательств (например, планируемые затраты на рекультивацию земли через пять лет).

По кредиту накапливается экономия, достигнутая за счет использования возобновляемых источников энергии, утилизации отходов и реализации углеродных кредитов. Параллельно рекомендуется детализировать субсчет «Выручка от экологических услуг» в разрезе аналитических статей: «Проживание в эко-средствах размещения», «Экопросветительские программы», «Аренда снаряжения для безуглеродного туризма».

Данная дифференциация позволяет на регулярной основе рассчитывать валовую добавленную стоимость не только в целом по предприятию, но и в разрезе каждой продуктовой линии, а также сопоставлять ее с удельными экологическими расходами.

Проведенное моделирование продемонстрировало, что перенос 30 % косвенных расходов, которые ранее учитывались как общехозяйственные, в категорию «Природоохранные обязательства» увеличивает сальдо субсчета экологических услуг в среднем на 12 % и одновременно понижает налогооблагаемую прибыль на величину документально подтвержденных природоохранных затрат, что согласуется с позицией, сформулированной в работе [6], где настойчиво проводится мысль о необходимости синхронизации бухгалтерского и налогового учета в туризме.

В развитие данного тезиса предлагается дополнить налоговый регистр по налогу на прибыль отдельной строкой «Расходы на восстановление экосистемных услуг», что позволит субъектам зеленого туризма легитимно уменьшать налогооблагаемую базу, одновременно повышая прозрачность экологической отчетности.

Важно, что предлагаемый субсчет не конфликтует с действующей методологией Росстата, поскольку может быть легко конвертирован в показатели, необходимые для заполнения форм федерального статистического наблюдения, включая сателлитный счет туризма.

Как следует из таблицы 1, суммарная валовая добавленная стоимость не меняется, однако ее структура приобретает принципиально иное наполнение. При этом традиционный учет игнорирует экологическую компоненту, в результате чего все доходы выглядят как гомогенный поток ресурсов, не зависящий от состояния природного капитала.

Предлагаемый подход, напротив, эксплицирует затраты на поддержание данного капитала, вычисляя чистую добавленную стоимость, которая служит более надежным индикатором долгосрочной финансовой устойчивости предприятия. При этом сопоставление с результатами аналогичных расчетов, выполненных ранее [3], подтверждает, что выделение экологической составляющей повышает корреляцию между бухгалтерской прибылью и оценкой стоимости бизнеса, осуществляемой методом дисконтированных денежных потоков.

Дополнительный эффект достигается при интеграции предложенного учетного контура с геоинформационными системами и данными спутникового мониторинга [7, 9, 16]. У ряда обследованных хозяйств, расположенных в буферных зонах особо охраняемых природных территорий, выявлена зависимость заполняемости от индекса вегетационного покрова NDVI, т.е. падение индекса на 10 % ведет к снижению выручки следующего сезона на 5–7 %.

Таблица 1

Сравнение показателей добавленной стоимости при различных методиках

Показатель	Традиционный учет, тыс. руб.	Предлагаемый учет, тыс. руб.	Отклонение, %
Выручка от проживания и сопутствующих услуг	8500	8500	0
в том числе экологическая составляющая	не выделена	2100	-
Промежуточное потребление (счета поставщиков)	4300	4300	0
Валовая добавленная стоимость (ВДС)	4200	4200	0
Внутренние экологические расходы (восстановление участка, мониторинг)	учтены в составе промежуточного потребления или административных расходах	820	-
Чистая добавленная стоимость (за вычетом экологических расходов)	не рассчитывалась	3380	-

Показатель	Традиционный учет, тыс. руб.	Предлагаемый учет, тыс. руб.	Отклонение, %
Доля экологической добавленной стоимости в ВДС	0%	19,5%	-

Включение данных нефинансовых индикаторов в управленческий баланс дает возможность формировать оценочный резерв под обесценение природного актива, что полностью соответствует логике МСФО [6] и одновременно создает внутренний источник финансирования восстановительных работ.

Именно данный резерв, реинвестируемый в ландшафтное проектирование и биотехнические мероприятия, формирует замкнутый контур самовозрастания добавленной стоимости, где экологические расходы перестают быть безвозвратными издержками и превращаются в капитализируемые вложения.

Выводы

Проведенное исследование позволило установить, что нынешнее учетное обеспечение зеленого туризма имеет структурную несбалансированность, т.е. финансовый учет нацелен исключительно на исчисление налоговых обязательств, т.е. управленческий учет фрагментарен и не содержит единой методологии оценки добавленной стоимости, а статистическое наблюдение не способно вычленить экологическую составляющую из массива данных, поступающих от туристского сектора.

В данных условиях любая попытка объективно оценить вклад зеленого туризма в ВВП и устойчивое развитие территорий наталкивается на информационный вакуум. При этом разработанная методика, включающая специализированные субсчета, систему аналитических регистров и алгоритм расчета чистой добавленной стоимости с поправкой на экстерналии, позволяет ликвидировать данный вакуум без радикальной трансформации действующей системы бухгалтерского учета.

Практическая апробация предложенного инструментария на примере глэмпинг-локации показала, что его внедрение увеличивает прозрачность структуры доходов, повышает достоверность оценки рентабельности на 12–18 % и создает налоговые преференции, вытекающие из более тщательного документирования природоохранных расходов.

Ечетная функция перестает быть пассивным регистратором свершившихся фактов и трансформируется в активный механизм управления стоимостью компании, ориентированный на долгосрочный прирост экологического и социального капитала [10, 11, 14]. Тем самым подтверждается гипотеза о том, что именно учетное обеспечение добавленной стоимости способно стать катализатором перехода от краткосрочной эксплуатации природных ресурсов к их расширенному воспроизводству в индустрии гостеприимства.

Вместе с тем масштабирование предложенной методики сдерживается несколькими барьерами. Во-первых, отсутствие в Налоговом кодексе закрытого перечня природоохранных расходов, признаваемых без дополнительных разъяснений, порождает налоговые риски для малых предприятий, не обладающих штатом квалифицированных юристов.

Во-вторых, фрагментация методик расчета сателлитного счета туризма в различных субъектах Российской Федерации затрудняет агрегирование первичной информации. При этом преодоление названных барьеров требует совместных усилий профессионального бухгалтерского сообщества, Минприроды и Росстата по выработке единого классификатора экологических транзакций в туризме и его последующей имплементации в программное обеспечение для ведения учета.

Дальнейшие исследования мы связываем с разработкой цифрового двойника учетного контура зеленого туризма, функционирующего на основе технологии распределенного реестра и обеспечивающего верифицируемость экологической отчетности в реальном времени.

Литература

1. Бекоева, А.А. Особенности налогового и бухгалтерского учета в туризме на территории РФ [Текст] / А.А. Бекоева // Учет и контроль. – 2022. – № 7. – С. 8-14.
2. Бунина, А.Ю. Особенности бухгалтерского учета и налогообложения в сфере туризма [Текст] / А.Ю. Бунина, С.М. Поленова, Д.А. Гриднев // Финансовый вестник. – 2022. – № 3 (58). – С. 32-37.
3. Имяреков, С.М. Перспективы развития зеленого туризма в современных условиях [Текст] / С.М. Имяреков, Л.А. Пониматкина, О.Е. Лебедева // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 9-1. – С. 64-68.
4. Козлова, Н.А. Предпринимательские основы развития зеленого туризма [Текст] / Н.А. Козлова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-5. – С. 104-106.
5. Королева, Е.В. Совершенствование управления рекламной деятельностью туристских предприятий [Текст] / Е.В. Королева, К.А. Лебедев // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 12-4 (89). – С. 678-681.
6. Курбанова, С.М. Бухгалтерский учет в сфере туризма: методологический подход на основе МСФО [Текст] / С.М. Курбанова // Государственное управление. – 2025. – № 4/2 (76). – С. 105-114.
7. Лебедев, К.А. Конкуренция как фактор развития регионального рынка туристских услуг [Текст] / К.А. Лебедев // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы. – 2016. – Т. 9. – № 2. – С. 52-56.
8. Лебедев, К.А. Совершенствование территориальной организации рекреационных комплексов [Текст] / К.А. Лебедев // Экономические и гуманитарные науки. – 2015. – № 5 (280). – С. 90-97.
9. Лебедева, О.Е. Развитие рекламной деятельности на рынке туристических услуг [Текст] / О.Е. Лебедева // Культура народов Причерноморья. – 2014. – № 278. – С. 100-103.
10. Лебедева, О.Е. Социальные аспекты развития инфраструктуры туризма [Текст] / О.Е. Лебедева // Культура народов Причерноморья. – 2014. – № 277. – С. 35-37.
11. Лебедева, О.Е. Реализация культурно-образовательной деятельности в туризме [Текст] / О.Е. Лебедева, К.А. Лебедев, Н.А. Луканова // Сервис в России и за рубежом. – 2016. – Т. 10. – № 4 (65). – С. 71-82.
12. Мажигова, Е.М. Особенности бухгалтерского учета и налогообложения в сфере туризма [Текст] / Е.М. Мажигова, А.А. Ахмадова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 6. – № 5 (158). – С. 43-49.
13. Мухаммедов, М.М. Развитие зеленого туризма в условиях инновационной экономики [Текст] / М.М. Мухаммедов, С.А. Исхакова, С.Ш.У. Турабеков // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2025. – № 2 (46). – С. 101-104.
14. Соломина, И.Ю. Оценка возможностей этнокультурного тура «Святыни земли Карельской» методом SWOT-анализа [Текст] / И.Ю. Соломина, М.С. Филатова // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 24-34.
15. Титов, М.В. Анализ проблем развития глэмпинг-туризма на особо охраняемых природных территориях [Текст] / М.В. Титов, Д.Н. Сурсанов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2023. – Т. 1. – С. 249-255.
16. Чубурова, Ж.Т. Экологические аспекты перехода туризма к «зеленой» экономике [Текст] / Ж.Т. Чубурова, К.Ж. Эстебес // М. Рыскулбеков атындагы Кыргыз экономикалык университетинин кабарлары. – 2024. – № 4 (65). – С. 167-170.

Accounting support for value added management in green tourism

Solomina I.Yu., Bastrykina T.S., Ostapchuk T.V.

Russian State University of Tourism and Service, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The subject of this study is a set of accounting, tax and management accounting methods and procedures focused on the recognition, quantification and redistribution of added value generated by green tourism enterprises. The relevance of the topic is due to the contradiction between the accelerated growth of environmentally oriented tourist flows and the lack of an integrated measurement system capable of reflecting the contribution of these economic entities to the regional gross product and at the same time taking into account environmental costs. Based on a comparative analysis of current accounting methods in tourism, including those enshrined in industry regulations and international financial reporting standards, the authors identify key gaps that prevent the formation of a reliable picture of value creation in rural guest houses, glamping and ecotour operators. An integrated accounting framework is proposed that allows differentiating environmental costs, segmenting income by type of tourism product, and calculating net value added adjusted for externalities. It has been proven that the introduction of a separate subaccount to account for environmental obligations and transaction costs for maintaining ecosystem services increases the transparency of management reporting. Using the example of a conditional glamping location, it is demonstrated how the proposed methodology transforms the assessment of profitability, shifting the focus from short-term profit to long-term growth in sustainable value.

Keywords: green tourism, value added, accounting, accounting, taxation, sustainable development, ecological tourism, management accounting, regional economy, environmental management.

References

1. Bekoeva, A.A. Features of Tax and Accounting in Tourism in the Russian Federation [Text] / A.A. Bekoeva // Accounting and Control. – 2022. – No. 7. – P. 8-14.
2. Bunina, A.Yu. Features of Accounting and Taxation in the Tourism Sector [Text] / A.Yu. Bunina, S.M. Polenova, D.A. Gridnev // Financial Bulletin. – 2022. – No. 3 (58). – P. 32-37.
3. Imyarekov, S.M. Prospects for the Development of Green Tourism in Modern Conditions [Text] / S.M. Imyarekov, L.A. Ponimatkina, O.E. Lebedeva // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2021. – No. 9-1. – P. 64-68.
4. Kozlova, N.A. Entrepreneurial Foundations of Green Tourism Development [Text] / N.A. Kozlova // Trends in the Development of Science and Education. – 2022. – No. 92-5. – P. 104-106.

5. Koroleva, E.V. Improving the Management of Advertising Activities of Tourism Enterprises [Text] / E.V. Koroleva, K.A. Lebedev // Economics and Entrepreneurship. – 2017. – No. 12-4 (89). – P. 678-681.
6. Kurbanova, S.M. Accounting in Tourism: A Methodological Approach Based on IFRS [Text] / S.M. Kurbanova // Public Administration. – 2025. – No. 4/2 (76). – P. 105-114.
7. Lebedev, K.A. Competition as a Factor in the Development of the Regional Market of Tourist Services [Text] / K.A. Lebedev // Tourism Industry: Opportunities, Priorities, Problems and Prospects. – 2016. – Vol. 9. – No. 2. – P. 52-56.

Разработка и апробация алгоритма интеллектуальной приоритизации платежей в условиях ограниченной ликвидности (на примере предприятий нефтесервисного сектора)

Шаймарданова Алеся Арсентьевна
магистрант, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,

Ермаков Владимир Анатольевич
к.э.н., доцент кафедры Прикладная экономика, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы

В статье исследуется проблема оперативного управления платёжным календарём в условиях хронического дефицита дневного лимита ликвидности. Установлено, что традиционные методологические подходы, включая принцип FIFO, процедуры ручного ранжирования и детерминированные шкалы приоритетов, не обеспечивают адекватного учёта многокритериальной природы финансовых рисков и динамики платёжного поведения контрагентов, что в совокупности обусловливает нарастание штрафных санкций и возникновение операционных сбоев. В качестве решения предложен гибридный алгоритм IPriority, реализующий на начальном этапе аддитивную свёртку нормированных признаков с весовыми коэффициентами, определёнными посредством метода анализа иерархий Т. Саати при методической поддержке процедуры Дельфи, с предусмотренным переходом в перспективе к методам градиентного бустинга на основе архитектуры CatBoost. Разработанная системная архитектура включает модули импорта данных, вычисления интегрального приоритетного показателя, жадной оптимизации с механизмом пропорционального дробления крупных платёжных заявок, а также контур обратной связи для адаптивной корректировки параметров модели. Апробация алгоритма проведена на массиве реальных данных, насчитывающем свыше 26 тысяч платёжных записей предприятий нефтесервисного сектора, отличающихся проектной структурой выручки и импульсным характером денежных поступлений. По результатам пилотного внедрения зафиксированы следующие показатели операционной эффективности: удельный вес исполненных высокоприоритетных заявок возрос с 72,3 до 93,7%, время формирования платёжного листа сократилось с 47 минут до 3,5 секунды, а совокупный объём начисленных штрафных санкций в контрольных расчётных периодах был сведён к нулевому значению.

Ключевые слова: платежный календарь, приоритизация платежей, управление ликвидностью, метод анализа иерархий, градиентный бустинг, жадный алгоритм, нефтесервисный сектор, казначейство.

Введение

Управление краткосрочной ликвидностью в организациях с проектно-ориентированной структурой выручки и пролонгированным операционным циклом характеризуется устойчивым временным дисбалансом между моментом возникновения финансовых обязательств и фактическим поступлением денежных средств. Платёжный календарь рассматривается в качестве базового инструмента оперативного финансового планирования, однако при суточном объёме платёжных заявок, превышающем 200–250 единиц, ручные процедуры ранжирования утрачивают способность обеспечивать как объективность принимаемых решений, так и необходимую скорость их выработки.

Традиционные методологические подходы, в частности принцип FIFO и системы фиксированных приоритетных шкал по статьям затрат, не принимают во внимание нелинейный характер взаимодействия оценочных критериев. Так, совокупность признаков «просрочка платежа свыше 10 дней» и «контрагент с верифицированной историей штрафных санкций» предполагает качественно иное управленческое решение по сравнению с раздельным учётом каждого из указанных факторов. Помимо этого, широко распространённые тиражируемые программные решения, как правило, не реализуют функционал автоматизированного расчёта ожидаемых неустоек, а также механизм пропорционального дробления платежей в условиях дефицита доступного лимита денежных средств.

Целью настоящего исследования является разработка и апробация алгоритма интеллектуальной приоритизации платёжных заявок, допускающего интеграцию в действующую учётную инфраструктуру предприятий нефтесервисного сектора и обеспечивающего объективность, вычислительную эффективность, а также адаптивность к динамике стратегических приоритетов организации.

1. Постановка задачи и методология

Пусть задан реестр платежных заявок $P=\{p_1,\ldots,p_n\}$ на операционный день, для каждой заявки p_i известны: сумма s_i, договорная дата оплаты, контрагент, проект, статья затрат, ставка пени. Доступный дневной лимит ликвидности L определяется казначейством на основе консолидированного остатка. Требуется выбрать подмножество $S\subseteq P$ с возможными частичными суммами $r_i \le s_i$, максимизирующее суммарный взвешенный приоритет:

$$\sum_{i\in S}(r_i/s_i)\cdot P_i \to \max, \quad \text{при} \quad \sum_{i\in S} r_i \le L,$$

Где P_i— интегральный приоритет заявки, вычисляемый на основе трех групп критериев: штрафные риски (просрочка и лояльность контрагента), важность проекта, приоритет статьи затрат.

Для получения весов критериев применен метод анализа иерархий (МАИ) Т. Саати в сочетании с методом Дельфи. Четыре ключевых эксперта (руководители проектного отдела, снабжения, финансовой службы и директор) заполнили матрицы попарных сравнений по 9-балльной шкале. Агрегирование выполнено методом геометрического среднего. Итоговые веса: $w_{шт}=0{,}22$ (штрафные риски), $w_{пр}=0{,}55$ (важность проекта), $w_{ст}=0{,}23$ (приоритет статьи затрат). Отношение согласованности ОС=2% (<10%), что подтверждает приемлемую согласованность экспертных суждений.

Интегральный приоритет на этапе экспертно-весового прототипа:

$$P_i = 0,22\cdot \Pi_i^{шт} + 0,55\cdot \Pi_i^{пр} + 0,23\cdot \Pi_i^{ст},$$

Где $\Pi_i^{шт}$ – нормированный штрафной балл (среднее арифметическое нормированных дней просрочки и коэффициента лояльности контрагента), $\Pi_i^{пр}$ и $\Pi_i^{ст}$ – приоритеты проекта и статьи затрат (ранги 1–5, 1 – высший приоритет). Все признаки приведены к единой шкале, где меньшее значение соответствует высшему приоритету.

2. Алгоритм IPriority и архитектура системы

Алгоритм реализован в пять этапов.

Этап 1 – предобработка и обогащение: вычисляются дни просрочки days_overduei=max(0,current_date−due_date), нормализация к диапазону [0,1] с порогом 60 дней; извлекается коэффициент лояльности контрагента (1 – высокая лояльность, 5 – низкая, для новых – 3) с последующей инверсией к баллу 1–5.

Этап 2 – расчет интегрального приоритета по приведенной аддитивной свертке (в перспективе – вызов модели градиентного бустинга CatBoost).

Этап 3 – сортировка заявок по возрастанию Pi (от высшего приоритета к низшему). При равенстве – по убыванию суммы.

Этап 4 – оптимизация отбора с пропорциональным дроблением:

- сначала полностью отбираются «обычные» заявки (сумма < 1 млн руб.), пока лимит не будет исчерпан;

- вычисляется остаток лимита Lrem;

- для «крупных» заявок (сумма ≥ 1 млн руб. и статья затрат, допускающая частичную оплату: производственные услуги, материалы, аренда) рассчитывается коэффициент дробления α=Lrem/∑slarge. Рекомендованная сумма: $r_i=s_i\cdot\alpha$ (при $\alpha<1$) либо полная оплата ($\alpha\geq1$).

Этап 5 – постобработка: визуальная маркировка (полная оплата – зеленый, частичная – оранжевый), формирование сводки и текста уведомления контрагенту.

Архитектура системы построена по микросервисному принципу: модули импорта и визуализации реализованы в среде 1С (типовая учетная система), вычислительное ядро вынесено в отдельный сервис на Python (FastAPI) с вызовом через REST API. Для пилотного внедрения разработан VBA-прототип в Microsoft Excel, что позволило быстро апробировать логику без изменения корпоративного ландшафта.

3. Апробация на данных нефтесервисного сектора

Эмпирическую базу исследования составили данные одного из дочерних обществ холдинговой структуры нефтесервисного сектора за период 2025 г. — I квартал 2026 г., включающие 23 324 платёжные записи за 98 операционных дней и 2 872 записи за 23 дня соответственно. Отраслевая специфика объекта исследования определяется проектным характером формирования выручки: временной лаг между фактическим исполнением работ и их оплатой со стороны крупных заказчиков, в числе которых ПАО «Газпром», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ» и ПАО «НОВАТЭК», достигает 60–90 календарных дней, тогда как расходная часть, охватывающая мобилизацию техники, выплату полевого персонала и приобретение расходных материалов, осуществляется на авансовой и непрерывной основе.

В рамках пилотного внедрения, проводившегося в период февраль — апрель 2026 г., параллельно функционировали два контура обработки платёжных заявок: традиционный ручной, выступавший в роли базового сценария, и рекомендательный, реализованный на основе алгоритма IPriority. Сравнительная оценка результатов осуществлялась по трём верифицированным метрикам эффективности (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные результаты

Метод	Доля оплаченных заявок с приоритетом 1–3, %	Среднее время на день, сек	Сумма неустоек за период, тыс. руб.
Ручной (базовый)	72,3	2820 (47 мин)	127,5 (4 случая)
IPriority (VBA)	93,7	3,5	0

Прирост точности приоритизации составил 21,4 процентных пункта, что обусловлено одновременным учётом трёх групп формализованных критериев в противовес неструктурированному экспертному суждению финансового специалиста. Ускорение процедуры формирования платёжного листа более чем в 700 раз высвободило рабочее время сотрудника для анализа нештатных ситуаций и принятия управленческих решений в условиях неопределённости. Отсутствие начисленных неустоек в контрольных расчётных периодах подтвердило корректность реализованной логики ранжирования.

Экстраполяция полученных результатов на совокупность дочерних обществ холдинга позволяет оценить предотвращаемый экономический ущерб от штрафных санкций в диапазоне 3–5 млн рублей в год. Помимо прямого финансового эффекта, своевременное исполнение высокоприоритетных платёжных обязательств существенно снижает вероятность операционных остановок полевых работ и срывов графиков сдачи-приёмки услуг конечным заказчикам, что имеет значимые последствия для репутационной устойчивости и контрактной дисциплины предприятия.

4. Ограничения прототипа и перспективы масштабирования

Пилотная апробация алгоритма IPriority в среде Microsoft Excel VBA подтвердила его функциональную состоятельность, однако одновременно выявила системные ограничения, препятствующие масштабированию решения на уровень холдинговой структуры в нефтесервисном секторе. При увеличении суточного объёма платёжных заявок до 500–700 строк в разрезе одного юридического лица и до 3000–4000 строк в консолидированном реестре время вычислений возрастает до нескольких минут, что является неприемлемым для операционного казначейства с жёсткими временными регламентами. Файловая организация хранения данных исключает возможность многопользовательского доступа и версионного контроля, а полуавтоматизированные процедуры импорта и экспорта между табличным редактором и учётной системой формируют устойчивый риск расхождения между рекомендательным платёжным листом и фактически проведёнными транзакциями. Совокупность обозначенных ограничений обусловливает необходимость переноса вычислительного ядра в промышленную среду на платформе «1С:Предприятие», являющейся типовой учётной системой для предприятий данной отрасли.

Промышленное внедрение предполагает реализацию комплекса технических доработок. В их числе: разработка внешней обработки расчёта платёжного календаря с жадным алгоритмом отбора заявок и механизмом пропорционального дробления крупных позиций; расширение справочников статей затрат посредством введения признака допустимости частичной оплаты, справочников проектов с ежемесячно калибруемым приоритетом, а также справочников контрагентов с автоматически пересчитываемым коэффициентом лояльности на основе накопленной истории штрафных санкций, задержек и претензий. Помимо этого, предусматривается вынос модели машинного обучения в выделенный микросервис на языке Python с применением архитектуры CatBoost и фреймворка FastAPI при организации взаимодействия через REST API и резервным переходом на экспертно-весовую свёртку в случае недоступности сервиса. Дополнительно планируется формирование контура обратной связи на основе регистра «Последствия отсрочки платежа» для накопления сведений о фактических штрафах и операционных сбоях в целях периодического дообучения модели, реализация интерфейса «человек-в-контуре» с аудитом ручных корректировок, а также автоматическая генерация уведомлений контрагентам о частичном исполнении платёжных обязательств.

Перспективное развитие алгоритма предполагает прогнозирование входящих денежных потоков методами анализа временных рядов, в частности SARIMA, Prophet и LSTM, для автоматизированного определения дневного лимита ликвидности. Рассматривается также адаптация системы к формату облачного сервиса по модели SaaS для применения в банковском кэш-менеджменте с соблюдением требований Федерального закона № 152-ФЗ в части локализации персональных данных. В части оптимизационной логики предусмотрен переход от жадного алгоритма к многокритериальной оптимизации на горизонте планирования 3–5 дней, а внедрение методов объяснимого искусственного интеллекта на основе SHAP-значений призвано повысить степень доверия финансовых специалистов к рекомендациям системы. Последовательная реализация перечисленных направлений трансформирует IPriority из экспериментального прототипа в адаптивную самообучающуюся платформу управления краткосрочной ликвидностью, способную аккумулировать институциональную память о платёжном поведении контрагентов и встраиваться в корпоративную финансовую архитектуру холдингового уровня.

Заключение

Разработанный алгоритм IPriority воплощает воспроизводимую и масштабируемую процедуру интеллектуальной приоритизации платёжных обязательств, методологически адаптированную к операционной специфике нефтесервисного сектора. В основе архитектуры алгоритма лежит синтез экспертно-аналитических весовых коэффициентов, формируемых посредством метода анализа иерархий в сочетании с процедурой Дельфи, с предусмотренной возможностью последующего перехода к методам машинного обучения по мере накопления достаточного массива прецедентных данных. Механизм пропорционального дробления крупных платёжных заявок обеспечивает равномерное распределение финансовой нагрузки в условиях ограниченной ликвидности, тогда как встроенная система визуальной маркировки и автоматической генерации уведомлений поддерживает операционную прозрачность на всех уровнях управленческой иерархии. Контур обратной связи, интегрированный в

структуру алгоритма, формирует институциональную основу для непрерывного совершенствования приоритизационных критериев в ответ на изменение внешней финансовой среды.

Результаты пилотного внедрения верифицировали практическую состоятельность предложенного подхода: зафиксировано статистически значимое сокращение доли просроченных платёжных обязательств при одновременном снижении удельных трудозатрат на обработку заявок, причём управленческий контроль над процессом приоритизации был сохранён в полном объёме. Перспективные направления исследований предполагают интеграцию прогностических моделей входящих денежных потоков в вычислительное ядро алгоритма, а также адаптацию разработанной методологии к требованиям банковских систем корпоративного кэш-менеджмента, где задача динамической приоритизации платёжных очередей приобретает принципиально иной масштаб и регуляторный контекст.

Литература

1. /AI-RPA. Применение RPA в российских компаниях и госсекторе [Электронный ресурс] // AI-RPA. — URL: https://itps.com/press/publications/obzor_erp_2024/ (дата обращения: 04.03.2026).
2. Brigham E. F. Financial Management: Theory and Practice / E. F. Brigham, M. C. Ehrhardt. — Mason : South-Western Cengage Learning, 2008.
3. ERPdev: Платежный календарь: главные ошибки и советы по настройке [Электронный ресурс] // ERPdev. — URL: https://erpdev.i-neti.ru/cases/platezhnyj-kalendar-glavnye-oshibki-i-sovety-po-nastrojke/ (дата обращения: 13.03.2026).
4. Van Horne J. C. Fundamentals of Financial Management / J. C. Van Horne, J. M. Wachowicz. — 11th ed. — Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall, 2001. — 743 p. — ISBN 0130189987.
5. Абрамова Е. Р. Метод анализа иерархий для оценки и выбора приоритетных механизмов координации в закупочной деятельности участников цепей поставок / Е. Р. Абрамова // Экономика, предпринимательство и право. — 2024. — Т. 14, № 3. — С. 769–786. — DOI 10.18334/epp.14.3.120598.
6. Алтунина Л. Н. Оценка эффективности управления денежными потоками коммерческой организации / Л. Н. Алтунина, Т. Е. Хорольская, А. И. Смирнова // Вестник Академии знаний. — 2020. — № 4 (39). — С. 41-46.
7. Головина О. Платежный календарь: от поля битвы до инструмента роста [Электронный ресурс] // РБК Компании. — URL: https://companies.rbc.ru/news/SBPaITkA7Z/platezhnyij-kalendar-ot-polya-bitvyi-do-instrumenta-rosta/ (дата обращения: 28.02.2026).
8. Градиентный бустинг: реализация с нуля на Python и разбор особенностей его модификаций (XGBoost, CatBoost, LightGBM) [Электронный ресурс] // Хабр. — 2024. — URL: https://habr.com/ru/articles/799725/ (дата обращения: 26.03.2026).
9. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) : Федеральный закон от 30.11.1994 № 51-ФЗ : [ред. от 31.07.2025] [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/ (дата обращения: 14.04.2026).
10. Ендовицкий Д. А. Финансовый анализ [Электронный ресурс] / Д. А. Ендовицкий. — Москва : КНОРУС, 2016. — ISBN 978-5-406-04884-9. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1239531 (дата обращения: 12.04.2026).
11. Кеменов А. В. Управление денежными потоками : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления [Электронный ресурс] / А. В. Кеменов. — 3-е изд. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-238-03350-1. — URL: https://www.iprbookshop.ru/123373.html (дата обращения: 22.02.2026).
12. Кравченко В. Автоматизация казначейства и платёжного календаря: 13-недельный прогноз денег и ноль кассовых разрывов [Электронный ресурс] // Kravchenko Web Lab. — 2026. — 3 янв. — URL: https://kravlab.ru/blog/13 (дата обращения: 09.05.2026).
13. Минина А. Л. Платежный календарь как метод контроля расхода денежных средств в организации [Электронный ресурс] / А. Л. Минина, М. А. Иванова // Beneficium. — 2018. — № 1 (26). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/platezhnyy-kalendar-kak-metod-kontrolya-rashoda-denezhnyh-sredstv-v-organizatsii (дата обращения: 15.02.2026).
14. Мякишева М. А. Применение искусственного интеллекта для анализа и оптимизации финансовых потоков [Электронный ресурс] // Путеводитель предпринимателя. — 2025. — № 1. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-dlya-analiza-i-optimizatsii-finansovyh-potokov (дата обращения: 13.02.2026).
15. Слесаренко А. Платёжный календарь: чтобы избежать кассового разрыва и сохранить платёжеспособность [Электронный ресурс] // 1С : информационно-методические материалы. — URL: https://v8.1c.ru/metod/article/platezhnyy-kalendar-chtoby-izbezhat-kassovogo-razryva-i-sokhranit-platezhesposobnost.htm
16. Смирнова Ю. А. Метод Дельфи как инструмент эффективного стратегического планирования и управления [Электронный ресурс] // Электронный вестник Ростовского социально-экономического института. — 2015. — № 3-4. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metod-delfi-kak-instrument-effektivnogo-strategicheskogo-planirovaniya-i-upravleniya (дата обращения: 12.04.2026).
17. Туруев И. Б. Платёжные системы в условиях новой реальности : монография / И. Б. Туруев, С. Ю. Перцева. — Москва : Аспект Пресс, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-7567-1259-9.
18. Федорочев Д. TADVISER: Обзор российского рынка ERP-систем [Электронный ресурс] // ITPS. — URL: https://itps.com/press/publications/obzor_erp_2024/

Development and testing of an algorithm for intelligent prioritization of payments in conditions of limited liquidity (using the example of oilfield service sector enterprises)

Shaimardanova A.A., Ermakov V.A.
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article examines the problem of operational management of the payment calendar in conditions of chronic shortage of the daily liquidity limit. It has been established that traditional methodological approaches, including the FIFO principle, manual ranking procedures and deterministic priority scales, do not adequately account for the multi-criteria nature of financial risks and the dynamics of counterparties' payment behavior, which together leads to an increase in penalties and the occurrence of operational failures. As a solution, a hybrid IPriority algorithm is proposed, which initially implements additive convolution of normalized features with weighting coefficients determined using the T. Saati hierarchy analysis method with the methodological support of the Delphi procedure, with a planned transition to gradient boosting methods based on the CatBoost architecture. The developed system architecture includes modules for data import, calculation of an integral priority indicator, greedy optimization with a mechanism for proportional splitting of large payment requests, as well as a feedback loop for adaptive adjustment of model parameters. The algorithm was tested on an array of real data comprising over 26,000 payment records of oilfield services companies, which differ in the design structure of revenue and the impulse nature of cash receipts. According to the results of the pilot implementation, the following operational efficiency indicators were recorded: the proportion of executed high-priority orders increased from 72.3% to 93.7%, the formation time of the payment list decreased from 47 minutes to 3.5 seconds, and the total amount of accrued penalties in the control billing periods was reduced to zero.

Keywords: payment calendar, prioritization of payments, liquidity management, hierarchy analysis method, gradient boosting, greedy algorithm, oilfield services sector, treasury.

References

1. /AI-RPA. Application of RPA in Russian Companies and the Public Sector [Electronic resource] // AI-RPA. — URL: https://itps.com/press/publications/obzor_erp_2024/ (date of access: 04.03.2026).
2. Brigham E. F. Financial Management: Theory and Practice / E. F. Brigham, M. C. Ehrhardt. — Mason: South-Western Cengage Learning, 2008.
3. ERPdev: Payment Calendar: Main Mistakes and Configuration Tips [Electronic resource] // ERPdev. — URL: https://erpdev.i-neti.ru/cases/platezhnyj-kalendar-glavnye-oshibki-i-sovety-po-nastrojke/ (date of access: 13.03.2026).
4. Van Horne J. C. Fundamentals of Financial Management / J. C. Van Horne, J. M. Wachowicz. — 11th ed. — Upper Saddle River, N.J. : President Hall, 2001. — 743 p. — ISBN 0130189987.
5. Abramova E. R. Method of hierarchy analysis for assessing and selecting priority coordination mechanisms in the procurement activities of supply chain participants / E. R. Abramova // Economy, Entrepreneurship and Law. — 2024. — Vol. 14, No. 3. — P. 769–786. — DOI 10.18334/epp.14.3.120598.
6. Altunina, L. N., "Assessing the Efficiency of Cash Flow Management in a Commercial Organization" / L. N. Altunina, T. E. Khorolskaya, A. I. Smirnova // Bulletin of the Academy of Knowledge. — 2020. — No. 4 (39). — P. 41-46.
7. Golovina, O., "Payment Calendar: From Battlefield to Growth Tool" [Electronic resource] // RBC Companies. — URL: https://companies.rbc.ru/news/SBPaITkA7Z/platezhnyij-kalendar-ot-polya-bitvyi-do-instrumenta-rosta/ (accessed: 28.02.2026).
8. Gradient Boosting: Implementation from Scratch in Python and Analysis of Its Modifications (XGBoost, CatBoost, LightGBM) [Electronic resource] // Habr. — 2024. — URL: https://habr.com/ru/articles/799725/ (date of access: 26.03.2026).
9. Civil Code of the Russian Federation (Part One): Federal Law of 30.11.1994 No. 51-FZ: [as amended on 31.07.2025] [Electronic resource] // ConsultantPlus. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/ (date of access: 14.04.2026).
10. Endovitsky D. A. Financial Analysis [Electronic resource] / D. A. Endovitsky. — Moscow: KNORUS, 2016. — ISBN 978-5-406-04884-9. — URL: https://znanium.com/catalog/product/1239531 (date of access: 12.04.2026).
11. Kemenov A. V. Cash Flow Management: a textbook for university students studying in economics and management [Electronic resource] / A. V. Kemenov. — 3rd ed. — Moscow: UNITY-DANA, 2020. — 192 p. — ISBN 978-5-238-03350-1. — URL: https://www.iprbookshop.ru/123373.html (date of access: 22.02.2026).
12. Kravchenko V. Automation of the Treasury and Payment Calendar: 13-Week Cash Forecast and Zero Cash Gap [Electronic resource] // Kravchenko Web Lab. - 2026. - January 3. - URL: https://kravlab.ru/blog/13 (accessed: 05/09/2026).

13. Minina A. L. Payment Calendar as a Method of Controlling Cash Spending in an Organization [Electronic resource] / A. L. Minina, M. A. Ivanova // Beneficium. - 2018. - No. 1 (26). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/platezhnyy-kalendar-kak-metod-kontrolya-rashoda-denezhnyh-sredstv-v-organizatsii (date of access: 15.02.2026).

Гармонизация денежно-кредитной и макропруденциальной политик в целях минимизации разрыва выпуска: Dsge-M-Fs подход с функцией потерь регулятора

Яковлев Никита Дмитриевич
младший научный сотрудник, Институт исследований социально-экономических трансформаций и финансовой политики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ndyakovlev@fa.ru

В работе предлагается подход к формализации гармонизации денежно-кредитной и макропруденциальной политик как единого процесса, направленного на минимизацию разрыва выпуска и обеспечение устойчивого экономического роста. В отличие от исследований, в которых денежно-кредитная политика и макропруденциальная политика рассматриваются преимущественно раздельно либо через влияние одной политики на цели другой, в работе обе политики анализируются в общем контуре формирования денежно-кредитных условий. Для решения поставленной задачи разработана модифицированная DSGE-модель с блоком финансовой стабильности (DSGE-M-FS), в которую встроены показатели финансового стресса, разрыв краткосрочных и долгосрочных процентных ставок и индикатор автономного ужесточения денежно-кредитных условий. На основе модели построена функция потерь регулятора, позволяющая количественно оценивать относительный вклад денежно-кредитной и макропруденциальной политик в экономическую динамику и сопоставлять альтернативные стратегии их сочетания на ретроспективном и прогнозном горизонтах. Полученные результаты показывают, что при текущей структуре российской экономики долгосрочно устойчивое соотношение влияния денежно-кредитной и макропруденциальной политик на денежно-кредитные условия находится вблизи пропорции 40/60 соответственно. Дополнительно предложен способ перехода от агрегированной оценки соотношения двух политик к сопоставлению конкретных групп инструментов макропруденциального регулирования и их сочетания с инструментами денежно-кредитной политики. Это позволяет использовать разработанный подход не только для аналитической интерпретации, но и для прикладной настройки конфигурации инструментов на среднесрочном горизонте.

Ключевые слова: денежно-кредитная политика, макропруденциальная политика, финансовая стабильность, DSGE, разрыв выпуска, функция потерь, денежно-кредитные условия.

1. ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях функционирования экономики усиливается значимость совместной реализации мер, направленных на обеспечение ценовой и финансовой стабильности [18]. Практика последних лет показывает, что шоки, воздействующие на экономику, как правило, затрагивают не только динамику цен, но и параметры устойчивости финансового сектора [23]. В этих условиях оценка денежно-кредитной политики вне учета мер макропруденциального регулирования, равно как и рассмотрение макропруденциальной политики в качестве экзогенного по отношению к денежно-кредитной трансмиссии блока, приводит к неполному пониманию характера формирующихся денежно-кредитных условий и, следовательно, к менее точной оценке перспектив экономического роста.

Исследовательская проблема заключается в том, что денежно-кредитная и макропруденциальная политики, имея различные непосредственные цели, воздействуют на экономику через пересекающиеся каналы [6]. Денежно-кредитная политика определяет стоимость денег в экономике и влияет на совокупный спрос, тогда как макропруденциальная политика, воздействуя на капитал, ликвидность, риск-профиль и структуру кредитования, также модифицирует степень жесткости денежно-кредитных условий [8]. В результате фактическая конфигурация денежно-кредитных условий является итогом совместного действия обеих политик. Это делает необходимым переход от раздельного анализа к формализованной оценке их совместного воздействия.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ РАМКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В зарубежной и российской литературе, а также в практике центральных банков можно выделить три базовых подхода к взаимодействию денежно-кредитной и макропруденциальной политик [21]. Первый подход исходит из их институционального и аналитического разделения: денежно-кредитная политика ориентирована преимущественно на ценовую стабильность, тогда как ограничение системных рисков финансового сектора относится к сфере макропруденциального регулирования [9]. Второй подход допускает использование инструментов денежно-кредитной политики для противодействия накоплению финансовых дисбалансов в тех случаях, когда риски финансовой нестабильности становятся заметными, а собственно макропруденциальные инструменты оказываются недостаточными [24]. Третий подход связан с более систематическим учетом индикаторов финансовой стабильности в прогнозных и аналитических моделях центрального банка, а также с попытками встроить финансовый цикл в контур принятия решений по денежно-кредитной политике [11].

Международный опыт, особенно сформировавшийся после глобального финансового кризиса 2008-2009 гг., показывает постепенный отход от жесткого разведения двух направлений регулирования к логике их комплементарности [7]. В материалах ЕЦБ подчеркивается, что ценовая и финансовая стабильность тесно взаимосвязаны и в долгосрочном периоде взаимно усиливают друг друга, тогда как макропруденциальная политика рассматривается как первая линия защиты от системных рисков, позволяющая денежно-кредитной политике в большей степени концентрироваться на своем основном мандате. Аналогичную позицию занимает и Банк международных расчетов: денежно-кредитная политика способна порождать побочные эффекты для финансовой стабильности, однако таргетированные макропруденциальные меры могут сглаживать эти эффекты, а в периоды финансового стресса - поддерживать работоспособность трансмиссионного механизма [22]. При этом более новые исследования подчеркивают, что взаимодействие двух политик не сводится ни к простому разделению мандатов, ни к механической подмене одной политики другой: в практической плоскости речь идет о взаимной калибровке инструментов с учетом общих каналов передачи импульсов в кредит, цены активов, банковский риск-профиль и выпуск [14].

В рамках настоящего исследования гармонизация денежно-кредитной и макропруденциальной политик трактуется как процесс согласования их вкладов в формирование денежно-кредитных условий и, далее, в динамику выпуска [15]. Такая постановка вопроса позволяет, с одной стороны, избежать смешения непосредственных целей двух политик, а с

другой - перейти к их совместной оценке через единый макрофинансовый контур. В данном контексте денежно-кредитная и макропруденциальная политики рассматриваются не как конкурирующие режимы регулирования, а как взаимосвязанные элементы общей системы макроэкономического управления, воздействующие на экономику через пересекающиеся каналы трансмиссии.

Ключевым узлом совместного воздействия обеих политик в статье выступают денежно-кредитные условия. Именно на этой стадии возникает возможность как взаимного усиления, так и частичной нейтрализации импульсов денежно-кредитной и макропруденциальной политики. Если меры макропруденциального регулирования усиливают жесткость денежно-кредитных условий в период уже проводимой жесткой денежно-кредитной политики, итоговый эффект для выпуска и инфляции может оказаться существенно сильнее ожидаемого. И напротив, если регулятор ослабляет макропруденциальные ограничения в условиях ужесточения денежно-кредитной политики, фактическая конфигурация условий может оказаться ближе к нейтральной, чем это следует из траектории ключевой ставки. Следовательно, предметом анализа становится не сумма мер как таковая, а их совместное влияние на денежно-кредитные условия, кредитную активность, финансовую устойчивость и выпуск [17].

3. МОДЕЛЬ, ДАННЫЕ И МЕТОДОЛОГИЯ

3.1. Общая логика модели

Для формализованного анализа взаимодействия денежно-кредитной и макропруденциальной политик в работе используется модифицированная динамическая стохастическая модель общего равновесия с блоком финансовой стабильности (DSGE-M-FS) [19]. Базовая идея модели состоит в том, что стандартный неокейнсианский контур, включающий уравнение разрыва выпуска, уравнение инфляции и правило реакции центрального банка, дополняется отдельным уравнением финансовой стабильности и переменными, отражающими влияние макропруденциальных условий на денежно-кредитную трансмиссию.

3.2. Структура DSGE-M-FS

В итоговой версии модели используются четыре основных уравнения: уравнение разрыва выпуска, модифицированное правило Тейлора, уравнение инфляции и уравнение финансовой стабильности.

Модифицированная нэокейнсианская DSGE-модель с учетом финансовой стабильности (DSGE-M-FS)

$$\boldsymbol{Y_{gap}} = 0{,}67Y_{gap}^{lag} + 0{,}06G_{gap} - 0{,}06R + \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$\boldsymbol{R} = 0{,}17R^{lag} + 0{,}83\big(0{,}02(CPI - 4) + 0{,}001Y_{gap} + 0{,}18FS + 0{,}04i_{gap}\big) + \varepsilon_2 \quad (2)$$

$$\boldsymbol{CPI} = 0{,}42CPI^{lag} + 0{,}46E^{CPI} + 0{,}80Y_{gap} + 1{,}22FS + \varepsilon_3 \quad (3)$$

$$\boldsymbol{FS} = -0{,}23FS^{lag} + 0{,}47R^{lag} - 0{,}01cGAP + 0{,}45N1.0 + 0{,}37N1.2 + \varepsilon_4 \quad (4)$$

где: Y_{gap} - разрыв выпуска; CPI - уровень инфляции; R - процентная ставка; FS - показатель, характеризующий финансовую стабильность (ACRA FSI RU); G_{gap} - разрыв государственных расходов; i_{gap} - разрыв краткосрочных и долгосрочных процентных ставок; E^{CPI} - инфляционные ожидания (по данным Банка России); cGAP - кредитный гэп (по данным Банка России); N1.0 - норматив достаточности капитала (собственных средств (по банковскому сектору); N1.2 - норматив достаточности основного капитала (по банковскому сектору); ε - стохастические шоки. Нормативы достаточности капитала в расчетах соотносятся с действующей методологией Банка России по обязательным нормативам и надбавкам [2].

Ключевая особенность данной конструкции заключается в модификации правила Тейлора [20]. В отличие от стандартной версии, оно включает не только отклонение инфляции от цели и разрыв выпуска, но также показатель финансовой стабильности и разрыв краткосрочных и долгосрочных процентных ставок. Это позволяет уловить случаи, когда фактическая жесткость денежно-кредитных условий определяется не только уровнем ключевой ставки, но и автономными изменениями стоимости ликвидности в банковском секторе. Для описания краткосрочного сегмента денежного рынка в модели используется композитный показатель стоимости ликвидности овернайт, построенный на основе RUONIA, RUSFAR и ставок по кредитам постоянного действия [13]. Через сопоставление этого показателя с доходностью долгосрочных государственных облигаций формируется разрыв краткосрочных и долгосрочных процентных ставок, отражающий наклон кривой стоимости денег и позволяющий фиксировать автономное ужесточение либо смягчение денежно-кредитных условий.

$$i_{gap} = Yield_{OFZ_{10}} - CL_{ON} \quad (5)$$

$$CL_{ON} = w_1 * RUONIA + w_2 * RUSFAR + w_3 * FixedRates \quad (6)$$

где: i_{gap} - разрыв краткосрочных и долгосрочных процентных ставок; $Yield_{OFZ_{10}}$ - доходность бескупонных десятилетних ОФЗ; CL_{ON} - композитная стоимость ликвидности овернайт; RUONIA - средневзвешенная ставка по рублевым операциям овернайт на денежном рынке; RUSFAR ON - индекс биржевого денежного рынка на срок ON (РЕПО с КСУ ON); $FixedRates$ - фиксированные ставки по кредитам постоянного действия Банка России; w - веса, рассчитанные на основе объемов торговли в каждом из сегментов.

Уравнение финансовой стабильности задает зависимость индекса финансового стресса от денежно-кредитных условий, кредитного гэпа, риск-премии на долговом рынке и нормативов достаточности капитала. Тем самым финансовая стабильность вводится в модель не как внешний комментарий к денежно-кредитной политике, а как эндогенная составляющая макроэкономической динамики.

$$FS = \phi_{R^{lag}} * R^{lag} + \phi_{FS^{lag}} * FS^{lag} + \phi_{cGAP} * cGAP + \phi_{Risk} * Risk + \phi_{N1.0} * N1.0 + \phi_{N1.1} * N1.1 + \phi_{N1.2} * N1.2 + \varepsilon_4 \quad (7)$$

где: FS - показатель, характеризующий финансовую стабильность (ACRA FSI RU); R - процентная ставка; cGAP - кредитный гэп (по данным Банка России); Risk - IFX-Cbonds G-Spread - индекс, характеризующий спред между 30 наиболее ликвидными корпоративными облигациями и соответствующие им по дюрации ОФЗ; N1.0 - норматив достаточности капитала (собственных средств (по банковскому сектору); N1.2 - норматив достаточности основного капитала (по банковскому сектору); N.1.1 - норматив достаточности базового капитала (по банковскому сектору); ϕ - параметры; ε_4- случайный шок.

Для перехода от модели взаимного влияния к задаче выбора оптимального сочетания политик в статье используется функция потерь регулятора, ориентированная на минимизацию разрыва выпуска.

$$L = \widehat{Y_t^{gap}} + w_1(\widehat{CPI}_t - CPI^{targ}) - w_2\widehat{FS}_t \quad (8)$$

где: L - значение функции потерь; $\widehat{Y_t^{gap}}$ - разрыв выпуска, оцененный DSGE-M-FS; $\widehat{CPI}_t$ - уровень инфляции, оцененный DSGE-M-FS; CPI^{targ} - целевой уровень инфляции (4% для России); $\widehat{FS}_t$ -уровень финансовой стабильности (финансового стресса), оцененный DSGE-M-FS; w - веса, оцениваемые минимизацией функции для каждой точки.

Принципиальная особенность данной функции состоит в том, что разрыв выпуска выступает не одним из аргументов, а целевой переменной минимизации [16]. Денежно-кредитная и макропруденциальная политика входят в функцию опосредованно через отклонение инфляции от цели и уровень финансового стресса. Веса соответствующих компонент являются динамическими: они изменяются в зависимости от того, какая из компонент сильнее отклоняется от своего оптимального состояния в конкретный момент времени. Такое решение позволяет избежать искусственного задания фиксированных приоритетов между ценовой и финансовой стабильностью. Вместо этого функция потерь определяет, какая конфигурация относительных вкладов двух политик обеспечивает наименьшее отклонение фактической динамики выпуска от потенциальной траектории.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Базовые результаты и механизм трансмиссии

Оценка модели показывает, что ключевая для статьи взаимосвязь между денежно-кредитными условиями и финансовой стабильностью является устойчивой к различным спецификациям. Ужесточение денежно-кредитных условий приводит к росту финансового стресса с лагом, тогда как увеличение финансового стресса вызывает смягчающую реакцию денежно-кредитной политики либо через непосредственную корректировку параметров политики, либо через изменение конфигурации операционной процедуры и условий фондирования банковского сектора.

Это означает, что денежно-кредитная политика и макропруденциальная политика взаимодействуют не только в направлении «макропруденциальные меры → кредитование», но и через обратную связь «денежно-кредитные условия → финансовая устойчивость». Тем самым в модели формируется замкнутый макрофинансовый контур, внутри которого денежно-кредитные и макропруденциальные импульсы оказываются взаимозависимыми.

Использование модифицированного правила Тейлора с показателем финансовой стабильности и разрывом краткосрочных и долгосрочных процентных ставок позволяет более точно фиксировать фактическую жесткость денежно-кредитных условий. Это особенно важно в условиях, когда стоимость краткосрочной ликвидности отклоняется от траектории,

задаваемой ключевой ставкой, под воздействием нормативов ликвидности, состояния банковских балансов и конкуренции за фондирование.

В прикладном смысле это означает, что оценка траектории денежно-кредитной политики исключительно через ключевую ставку может недооценивать либо переоценивать реальную степень ужесточения условий в экономике. Именно этот элемент модели делает возможным более точное сопоставление денежно-кредитной и макропруденциальной политики на единой количественной основе.

4.2. Оценка оптимального соотношения денежно-кредитной политики и макропруденциальной политики

Применение функции потерь к ретроспективным и прогнозным данным позволяет перейти от описания механизма к оценке относительного вклада двух политик в минимизацию разрыва выпуска. Полученные результаты показывают, что оптимальное соотношение денежно-кредитной и макропруденциальной политики не является постоянным в краткосрочном разрезе и зависит от текущей макроэкономической конъюнктуры. В периоды ускорения инфляционного давления возрастает значение денежно-кредитной политики, тогда как в периоды усиления неопределенности и роста финансового стресса возрастает роль макропруденциальных мер.

Вместе с тем анализ сглаженных траекторий показывает, что на долгосрочном горизонте российская экономика тяготеет к устойчивому балансу, в котором вклад денежно-кредитной политики в формирование денежно-кредитных условий составляет около 40%, а вклад макропруденциальной политики - около 60%. Указанное соотношение не следует трактовать как жесткое нормативное правило. Речь идет об аналитическом ориентире, который описывает устойчивый баланс влияния двух политик на денежно-кредитные условия при минимизации разрыва выпуска.

Содержательно данный результат означает, что для банково-ориентированной экономики устойчивость финансовой системы и отсутствие чрезмерных финансовых дисбалансов оказываются не менее важными, а на длинном горизонте даже более значимыми для стабильной траектории выпуска, чем точечная краткосрочная настройка денежно-кредитной политики. Однако это не снижает роли инфляционного таргетирования; напротив, статья показывает, что денежно-кредитная политика и макропруденциальная политика должны рассматриваться как взаимодополняющие составляющие единого макрофинансового контура.

Следующим шагом исследования является переход от агрегированного соотношения двух политик к анализу конкретных групп инструментов [1]. Для этого макропруденциальные инструменты группируются по трем основным направлениям воздействия: borrower-based инструменты, ограничения по капиталу и нормативы ликвидности/структурные инструменты. Их относительный вес определяется на основе трех критериев: интенсивности влияния на кредитную активность, широты охвата финансовой системы и длительности эффекта.

Рис. 1 - Декомпозиция функции потерь центрального банка на инструменты по соответствующим видам политик
Источник: составлено автором.

Такой подход важен по двум причинам. Во-первых, он позволяет отказаться от представления о макропруденциальной политике как об однородном наборе мер [10]. Во-вторых, он обеспечивает возможность прикладной интерпретации агрегированного соотношения 40/60 на уровне конкретных решений регулятора.

Расчеты показывают, что наибольший вклад в блок макропруденциальной политики вносят ограничения по капиталу и borrower-based инструменты, тогда как нормативы ликвидности играют значимую, но более поддерживающую роль [12]. На стороне денежно-кредитной политики ключевым инструментом остается ключевая ставка, тогда как параметры стоимости ликвидности на денежном рынке задают дополнительный, но не доминирующий слой ужесточения либо смягчения условий. Капитальные ограничения в российской практике непосредственно связаны с надбавками к коэффициентам риска [25].

Такой результат позволяет перейти от тезиса об оптимальном балансе двух политик к более конкретной прикладной логике. Если на среднесрочном горизонте денежно-кредитная политика постепенно приближается к нейтральной траектории, а задача удержания устойчивого роста требует сохранения значимого вклада макропруденциальной политики, то это означает необходимость поддержания либо умеренного усиления капитальных и адресных borrower-based ограничений при постепенном снижении жесткости денежно-кредитной политики [3].

Полученные результаты позволяют сформулировать несколько практических выводов. Во-первых, гармонизация денежно-кредитной и макропруденциальной политик не должна трактоваться как разовое согласование мер. Речь идет о постоянном процессе, в рамках которого регулятор оценивает текущее состояние экономики, прогнозирует траекторию денежно-кредитных условий и на этой основе корректирует относительный вклад двух политик в минимизацию разрыва выпуска [4].

Во-вторых, разработанный подход позволяет уточнить предмет внутренней координации внутри мегарегулятора [5]. Если денежно-кредитная и макропруденциальная политика воздействуют на экономику через общий контур денежно-кредитных условий, то их согласование должно происходить не только на уровне финальных решений, но и на уровне прогнозирования, модельных предпосылок и оценки сценариев.

В-третьих, предложенная функция потерь может использоваться как аналитический инструмент, позволяющий интерпретировать, насколько текущая конфигурация денежно-кредитной и макропруденциальной политики соответствует задаче удержания выпуска вблизи потенциальной траектории. В этом смысле соотношение 40/60 представляет собой не норматив, а рабочий ориентир, который может уточняться по мере изменения структуры экономики, каналов финансового посредничества и регуляторной среды.

При этом исследование имеет и ряд ограничений. Во-первых, модель сознательно абстрагируется от части переменных внешнего сектора и рынка труда, поскольку фокусируется на механизме взаимодействия денежно-кредитной и макропруденциальной политики. Во-вторых, открытая статистическая база ограничивает точность оценки некоторых макрофинансовых связей. В-третьих, предложенная декомпозиция групп макропруденциальных инструментов является прикладной и может быть в дальнейшем уточнена за счет более детальной калибровки параметров охвата, интенсивности и длительности действия инструментов.

Литература

1. Базельский комитет по банковскому надзору. Базель III: Международные стандарты капитала и ликвидности для банков. — Банк международных расчетов, 2011.

2. Инструкция Банка России № 199-И от 29.11.2019 (ред. от 06.06.2023) «Об обязательных нормативах и надбавках к нормативам достаточности капитала банков с универсальной лицензией».

3. Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2025 год и период 2026 и 2027 годов. — URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/164702/on_2025(2026-2027).pdf (дата обращения: 01.01.2025).

4. Федеральный закон № 86-ФЗ от 10.07.2002 «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 28 (ч. 1). — Ст. 2790.

5. Федеральный закон № 251-ФЗ от 23.07.2013 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с передачей Центральному банку Российской Федерации полномочий по регулированию, контролю и надзору в сфере финансовых рынков» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2013. — № 30. — Ст. 4080.

6. Асриев М., Мирошниченко Д. Денежно-кредитная политика и финансовая стабильность. — 2023. — URL: http://www.cbr.ru/statichtml/file/146496/research_policy_notes_b_5_1.pdf (дата обращения: 03.07.2024).

7. Боррио К., Уайт У. Р. Куда движутся монетарная и финансовая стабильность? Последствия изменения режимов политики / К. Боррио, У. Р. Уайт // Bank for International Settlements Working Paper. — 2003. — № 128.

8. Боррио К., Чжу Х. Капитальное регулирование, риск и монетарная политика: недостающая связь в механизме передачи? / К. Боррио, Х. Чжу // Bank for International Settlements Quarterly Review. — 2012. — С. 1–16.

9. Гаврилова В. Е., Шнипова А. А. Денежно-кредитная политика и финансовая стабильность: вместе или порознь? // Финансовая экономика. — 2019. — № 11. — С. 767–771.

10. Данилова Е. О., Елизарова Н. Б. Макропруденциальная политика: теоретические аспекты и практический опыт Банка России // Деньги и кредит. — 2017. — № 6. — С. 5–17.

11. Дремман М., Боррио К., Цатсаронис К. Характеристика финансового цикла: не упустите среднесрочную перспективу! / М. Дремман, К. Боррио, К. Цатсаронис // Bank for International Settlements Quarterly Review. — 2012. — С. 1–10.

12. Черутти Э., Классенс С., Левен Л. Использование и эффективность макропруденциальной политики: новые данные / Э. Черутти, С. Классенс, Л. Левен // Journal of Financial Stability. — 2017. — Т. 28. — С. 28–51.

13. Яцык О. и др. Операционная процедура денежно-кредитной политики Банка России. — 2023. — URL: http://www.cbr.ru/StaticHtml/File/146496/research_policy_notes_b_2_2.pdf (дата обращения: 11.04.2024).

14. Adrian T. et al. Monetary policy and financial stability // Advancing the Frontiers of Monetary Policy. — 2018. — P. 69–82.

15. Agenor P.-R., da Silva L. A. P. Integrated inflation targeting: Another perspective from the developing world // Bank for International Settlements. BIS Other. — 2019.

16. Ajello A. et al. Financial stability and optimal interest-rate policy. — Federal Reserve Board, 2016.

17. Bernanke B. S., Gertler M., Gilchrist S. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework // Handbook of Macroeconomics. — Vol. 1C. — Elsevier, 1999.

18. Billi R. M., Vredin A. Monetary policy and financial stability: a simple story // Sveriges Riksbank Economic Review. — 2014. — С. 2.

19. DSGE-модели российской экономики с малым количеством уравнений. — URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/119373/sDSGE.pdf (дата обращения: 02.01.2025).

20. Fung B., Maclean D., Armour J. Taylor Rules in the Quarterly Projection Model. — Bank of Canada, 2002. — № 2002-1. — URL: https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2010/02/wp02-1.pdf (дата обращения: 03.02.2025).

21. International Monetary Fund. Monetary Policy and Macroprudential Policy: Exploring Interactions. — IMF Staff Report, 2013. — URL: https://www.imf.org/.

22. Juselius M., Borio C., Disyatat P., Drehmann M. Towards a Financial Stability-Oriented Monetary Policy Framework? // Bank for International Settlements. BIS Working Papers. — 2016.

23. Mishkin F. S. Monetary policy strategy: lessons from the crisis. — National Bureau of Economic Research, 2011. — № w16755.

24. Svensson L. E. O. Cost-Benefit Analysis of Leaning Against the Wind: Are Costs Larger Also with Less Effective Macroprudential Policy? — IMF Working Paper, 2017. — URL: https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2016/wp1603.pdf (дата обращения: 10.10.2024).

25. Надбавки к коэффициентам риска. — URL: https://www.cbr.ru/finstab/instruments/risk_weight_add_ons/ (дата обращения: 03.08.2024).

Harmonizing Monetary and Macroprudential Policies to Minimize the Output Gap: A DSGE-M-FS Approach with a Regulator Loss Function

Yakovlev N.D.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This paper proposes an approach to formalizing the harmonization of monetary policy and macroprudential policy as a unified process aimed at minimizing the output gap and ensuring sustainable economic growth. Unlike studies in which monetary policy and macroprudential policy are considered largely in isolation or through the effect of one policy on the objectives of the other, this paper analyzes both policies within a common framework for the formation of monetary conditions. To address this objective, a modified DSGE model with a financial stability block

(DSGE-M-FS) is developed, incorporating financial stress indicators, the short- and long-term interest rate gap, and an indicator of autonomous tightening in monetary conditions. Based on this model, a regulator loss function is constructed to provide a quantitative assessment of the relative contribution of monetary policy and macroprudential policy to economic dynamics and to compare alternative policy mix strategies over both retrospective and forecast horizons. The results show that, given the current structure of the Russian economy, the long-run sustainable distribution of the effects of monetary policy and macroprudential policy on monetary conditions is close to a 40/60 proportion, respectively. In addition, the paper proposes a method for moving from an aggregate assessment of the relative roles of the two policies to a comparison of specific groups of macroprudential instruments and their combination with monetary policy instruments. This makes it possible to use the proposed approach not only for analytical interpretation but also for the practical calibration of the policy instrument configuration over the medium-term horizon.

Keywords: monetary policy, macroprudential policy, financial stability, DSGE, output gap, loss function, monetary conditions.

References

1. Basel Committee on Banking Supervision. Basel III: International Standards for Bank Capital and Liquidity. Bank for International Settlements, 2011.
2. Bank of Russia Instruction No. 199-I dated November 29, 2019, as amended on June 6, 2023, On Mandatory Ratios and Add-ons to Capital Adequacy Ratios of Banks with a Universal License.
3. The Main Guidelines for the Single State Monetary Policy for 2025 and the Period of 2026 and 2027. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/164702/on_2025(2026-2027).pdf (accessed: January 1, 2025).
4. Federal Law No. 86-FZ dated July 10, 2002, On the Central Bank of the Russian Federation (Bank of Russia). Collection of Legislation of the Russian Federation, 2002, No. 28, Part 1, Art. 2790.
5. Federal Law No. 251-FZ dated July 23, 2013, On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation in Connection with the Transfer to the Central Bank of the Russian Federation of Powers for Regulation, Control and Supervision in Financial Markets. Collection of Legislation of the Russian Federation, 2013, No. 30, Art. 4080.
6. Asriev M., Miroshnichenko D. Monetary Policy and Financial Stability. 2023. URL: http://www.cbr.ru/statichtml/file/146496/research_policy_notes_b_5_1.pdf (accessed: July 3, 2024).
7. Borio C., White W. R. Whither Monetary and Financial Stability? The Implications of Evolving Policy Regimes. Bank for International Settlements Working Paper, 2003, No. 128.
8. Borio C., Zhu H. Capital Regulation, Risk-taking and Monetary Policy: A Missing Link in the Transmission Mechanism? Bank for International Settlements Quarterly Review, 2012, pp. 1–16.
9. Gavrilova V. E., Shnipova A. A. Monetary Policy and Financial Stability: Together or Separately? Financial Economy, 2019, No. 11, pp. 767–771.
10. Danilova E. O., Elizarova N. B. Macroprudential Policy: Theoretical Aspects and Practical Experience of the Bank of Russia. Money and Credit, 2017, No. 6, pp. 5–17.
11. Drehmann M., Borio C., Tsatsaronis K. Characterising the Financial Cycle: Don't Lose Sight of the Medium Term! Bank for International Settlements Quarterly Review, 2012, pp. 1–10.
12. Cerutti E., Claessens S., Laeven L. The Use and Effectiveness of Macroprudential Policies: New Evidence. Journal of Financial Stability, 2017, Vol. 28, pp. 28–51.
13. Yatsyk O. et al. The Monetary Policy Operational Procedure of the Bank of Russia. 2023. URL: http://www.cbr.ru/StaticHtml/File/146496/research_policy_notes_b_2_2.pdf (accessed: April 11, 2024).
14. Adrian T. et al. Monetary policy and financial stability. In: Advancing the Frontiers of Monetary Policy, 2018, pp. 69–82.
15. Agenor P.-R., da Silva L. A. P. Integrated inflation targeting: Another perspective from the developing world. Bank for International Settlements. BIS Other, 2019.
16. Ajello A. et al. Financial Stability and Optimal Interest-Rate Policy. Federal Reserve Board, 2016.
17. Bernanke B. S., Gertler M., Gilchrist S. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. In: Handbook of Macroeconomics. Vol. 1C. Elsevier, 1999.
18. Billi R. M., Vredin A. Monetary policy and financial stability: a simple story. Sveriges Riksbank Economic Review, 2014, p. 2.
19. DSGE Models of the Russian Economy with a Small Number of Equations. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/119373/sDSGE.pdf (accessed: January 2, 2025).
20. Fung B., Maclean D., Armour J. Taylor Rules in the Quarterly Projection Model. Bank of Canada, 2002, No. 2002-1. URL: https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2010/02/wp02-1.pdf (accessed: February 3, 2025).
21. International Monetary Fund. Monetary Policy and Macroprudential Policy: Exploring Interactions. IMF Staff Report, 2013. URL: https://www.imf.org/.
22. Juselius M., Borio C., Disyatat P., Drehmann M. Towards a Financial Stability-Oriented Monetary Policy Framework? Bank for International Settlements. BIS Working Papers, 2016.
23. Mishkin F. S. Monetary Policy Strategy: Lessons from the Crisis. National Bureau of Economic Research, 2011, No. w16755.
24. Svensson L. E. O. Cost-Benefit Analysis of Leaning Against the Wind: Are Costs Larger Also with Less Effective Macroprudential Policy? IMF Working Paper, 2017. URL: https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2016/wp1603.pdf (accessed: October 10, 2024).
25. Risk Weight Add-ons. URL: https://www.cbr.ru/finstab/instruments/risk_weight_add_ons/ (accessed: August 3, 2024).

Оценка экономической эффективности внедрения системы поддержки принятия врачебных решений в нейроонкологии

Аллити Даниэль Буаззаевич
аспирант, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, allitidb@alliti.ru,

Безручко Денис Сергеевич
к.э.н., доцент, ВИЭШ, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, dbezru@mail.ru,

Ильин Игорь Васильевич
д.э.н., проф., Директор Высшей школы бизнес-инжиниринга, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ivi2475@yandex.ru

Статья посвящена методологическим и практическим аспектам оценки экономической эффективности проектов на основе искусственного интеллекта в здравоохранении. В отличие от классических инвестиционных проектов, ИИ-системы в клинической практике часто не генерируют дополнительную выручку, а направлены на снижение издержек, врачебных ошибок и оптимизацию процессов. Предложен подход, базирующийся на сравнении сценариев «с проектом» и «без проекта» с выделением экономии эксплуатационных затрат и последующим дисконтированием чистых денежных потоков. На примере внедрения системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в нейроонкологии показано, что сокращение времени анализа МРТ с 35 до 5 минут, снижение доли ложноотрицательных заключений с 3,00 % до 1,76 % и ложноположительных – с 4,00 % до 0,40 % обеспечивает совокупный годовой экономический эффект 6 986,3 тыс. руб. NPV составляет 2 406,9 тыс. руб., IRR – 37,5%. Анализ чувствительности в диапазоне ±10 % подтверждает устойчивость проекта; критическим фактором риска выступает точность исходных диагностических показателей. Результаты демонстрируют применимость предложенной методологии для обоснования внутриорганизационных ИИ-проектов в медицине и целесообразность их масштабирования.
Ключевые слова: экономическая эффективность, NPV, IRR, срок окупаемости, анализ чувствительности, СППВР, ложноотрицательные заключения, ложноположительные заключения, нейроонкология.

Обсуждение

В условиях стремительного проникновения технологий искусственного интеллекта в клиническую практику корректная экономическая оценка соответствующих проектов приобретает принципиальное значение. Традиционные подходы инвестиционного анализа, ориентированные на прирост выручки, для многих внутриорганизационных ИИ-решений оказываются методологически неадекватными. Значительная часть интеллектуальных систем в здравоохранении внедряется не с целью расширения объёмов платных услуг, а для качественного совершенствования диагностических и лечебных процессов, выражающегося прежде всего в сокращении операционных издержек, снижении частоты врачебных ошибок и оптимизации загрузки персонала. Такие проекты, не генерируя дополнительного дохода, тем не менее требуют существенных единовременных инвестиций и текущих затрат на сопровождение, что делает необходимым строгое обоснование их экономической состоятельности. Отсутствие же прямой связи с выручкой лишает аналитика возможности опереться на классический денежный поток, включающий доходную составляющую, и диктует потребность в адаптированных методиках, основанных на сравнительном анализе сценариев «с проектом» и «без проекта».

Методика оценки внутренних инвестиционных проектов, направленных на сокращение издержек, опирается на вычленение изменения денежного потока предприятия, порождаемого исключительно внедряемым решением. Принципиальная формула $\Delta CF = -(\Delta Cost + \Delta I)$ исходит из того, что выручка остаётся неизменной, а совокупный экономический эффект формируется как алгебраическая сумма экономии эксплуатационных затрат и дополнительных инвестиционных вложений. Для обеспечения прозрачности и управляемости расчётов выстраивается иерархическое дерево ключевых показателей эффективности. На его нижнем уровне фиксируются факторы влияния проекта в натуральных измеримых величинах — длительность операции, нормативы расхода ресурсов, доли ошибок. Факторы трансформируются в физические параметры годового эффекта, после чего выполняется монетизация, дающая операционные ключевые показатели эффективности — экономию в рублях по каждой значимой статье. Вершину дерева образуют инвестиционные показатели: чистая приведённая стоимость, внутренняя норма доходности, простой и дисконтированный сроки окупаемости. Такая архитектура обеспечивает строгую причинно-следственную связь между исходными технологическими улучшениями и итоговыми финансовыми метриками, а также создаёт основу для последующего анализа чувствительности, который выявляет критические параметры и зоны устойчивости проекта.

В качестве практической иллюстрации применения данной методики рассматривается кейс внедрения системы поддержки принятия врачебных решений в нейроонкологии. Технической основой проекта служит программный комплекс, выполняющий автоматическую сегментацию магнитно-резонансных томограмм головного мозга, количественный расчёт прогностических характеристик новообразования и формирование структурированного предварительного заключения. Система интегрируется в рабочий контур врача-радиолога в режиме «второго мнения»: алгоритм анализирует исследование параллельно со специалистом и предоставляет вывод с указанием вероятности наличия патологии и её ключевых параметров. Социальная значимость проекта обосновывается тем, что онкологические заболевания головного и спинного мозга занимают особое место в структуре онкологической патологии: их диагностика сложна, требовательна к квалификации врача и сопряжена с высоким риском ошибок. По данным Минздрава России, ежегодно в стране регистрируется свыше 35 000 новых случаев первичных опухолей центральной нервной системы. Запоздалая или неверная постановка диагноза ведёт к задержке лечения, необоснованно высоким затратам и ухудшению прогноза для пациента.

Центральным инструментом диагностики в нейроонкологии является магнитно-резонансная томография (МРТ). Анализ МРТ-снимков - трудоёмкий процесс: врач-радиолог затрачивает в среднем 30–40 минут на изучение одного исследования. При высоком потоке пациентов нарастает нагрузка на специалиста, что увеличивает вероятность ошибок двух типов:

- ложноотрицательные заключения (FN, пропущенная патология) влекут задержку лечения и дополнительные курсы терапии, существенно увеличивая прямые медицинские затраты;

- ложноположительные заключения (FP, избыточная диагностика) инициируют ненужные инвазивные процедуры и повторные исследования, напрямую повышая расходы медицинской организации.

В этих условиях внедрение систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на основе технологий машинного обучения представляет собой обоснованный путь к повышению качества и экономической эффективности диагностического процесса.

Для оценки экономической эффективности рассматриваются два сценария оказания диагностической помощи:

- сценарий А (базовый, без СППВР): врач анализирует МРТ-снимки вручную без инструментальной поддержки;

- сценарий Б (с СППВР): врач работает при поддержке программного комплекса, используя его выводы при постановке диагноза.

Сравнение двух сценариев по трём ключевым показателям - времени анализа, доле ложноотрицательных и ложноположительных заключений - позволяет количественно оценить экономический эффект внедрения.

DES схема процесса исследования после внедрения проекта представлена на Рисунке 1.

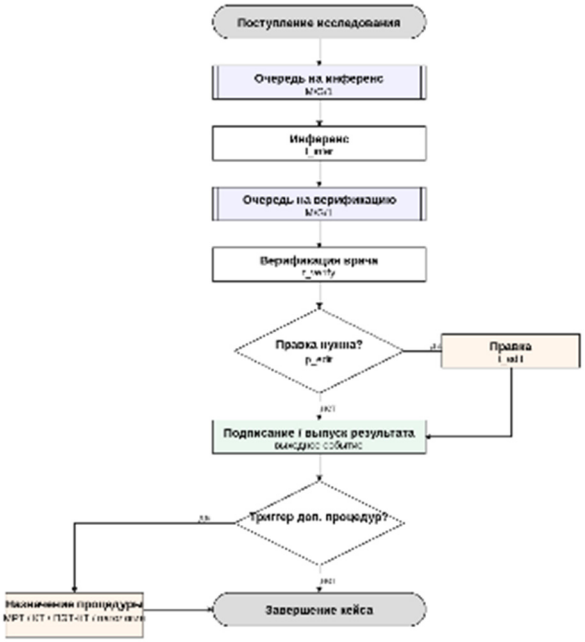


Рис. 1. DES□схема (событийная структура процесса)
Источник: составлено авторами

Исходными данными для расчёта служат результаты опытной эксплуатации программного комплекса в пилотной медицинской организации г. Санкт-Петербург. Объём пилотной выборки - 3 000 МРТ-исследований в год. Изменение точности диагностики верифицировано сравнительным ретроспективным анализом на репрезентативной выборке с установленным диагнозом.

Таблица 1
Ключевые проекта до и после внедрения СППВР

Показатель	Ед. изм.	До (сц. А)	После (сц. Б)	Изменение
Время анализа одного исследования	мин	35	5	−30
Доля ложноотрицательных заключений (FN)	%	3,00	1,76	−1,24
Доля ложноположительных заключений (FP)	%	4,00	0,40	−3,60
Объём исследований в год	шт.	3 000	3 000	-

Источник: Составлено авторами на основании собственного исследования

Стоимостные параметры для расчёта эффектов приняты по нормативам Программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2026–2028 годы, утверждённой Постановлением Правительства РФ от 25.10.2025 № 1406 [1]:

- МРТ: 4 695,5 руб.;
- дневной стационар (онкология): 80 141,8 руб.;
- круглосуточная госпитализация: 57 836,7 руб.

Стоимость одной минуты рабочего времени врача *c* мин рассчитана исходя из средней заработной платы в здравоохранении за I полугодие 2025 года - 87 012 руб./мес. [2] - с учётом ставки страховых взносов 30,2 %, коэффициента накладных расходов 1,3 и нормы рабочего времени 164,1 ч/мес.:

$$c_{мин} = (87\,012 \times 1{,}302 \times 1{,}3) / (164{,}1 \times 60) \approx 14{,}96 \text{ руб./мин} \quad (1)$$

Совокупный годовой экономический эффект от внедрения СППВР складывается из трёх составляющих.

Эффект 1. Экономия рабочего времени врача

Сокращение времени анализа одного исследования составляет 30 мин. При объёме $N = 3\,000$ исследований в год суммарная экономия времени:

$$\Delta T = 30 \text{ мин} \times 3\,000 = 90\,000 \text{ мин/год} \quad (2)$$

В денежном выражении:

$$Э_1 = \Delta T \times c_{мин} = 90\,000 \times 14{,}96 = 1\,346\,400 \text{ руб./год} \approx 1\,346{,}4 \text{ тыс. руб./год} \quad (3)$$

Эффект 2. Снижение числа ложноотрицательных заключений

Число предотвращённых ложноотрицательных случаев в год:

$$\Delta FN = (3{,}00\,\% - 1{,}76\,\%) \times 3\,000 = 37{,}2 \text{ случая/год} \quad (4)$$

Стоимость последствий одного пропущенного диагноза принята как сумма нормативов дневного стационара и круглосуточной госпитализации [1]:

$$c\,FN = 80\,141{,}8 + 57\,836{,}7 = 137\,978{,}5 \text{ руб.} \quad (5)$$

Экономия за счёт снижения числа ложноотрицательных заключений:

$$Э_2 = \Delta FN \times c\,FN = 37{,}2 \times 137\,978{,}5 = 5\,132\,800 \text{ руб./год} \approx 5\,132{,}8 \text{ тыс. руб./год} \quad (6)$$

Эффект 3. Снижение числа ложноположительных заключений

Число предотвращённых ложноположительных случаев в год:

$$\Delta FP = (4{,}00\,\% - 0{,}40\,\%) \times 3\,000 = 108 \text{ случаев/год} \quad (7)$$

Стоимость одного избыточного исследования принята по нормативу МРТ [1]:

$$c\,FP = 4\,695{,}5 \text{ руб.} \quad (8)$$

Экономия за счёт снижения числа ложноположительных заключений составит:

$$Э_3 = \Delta FP \times c\,FP = 108 \times 4\,695{,}5 = 507\,114 \text{ руб./год} \approx 507{,}1 \text{ тыс. руб./год} \quad (9)$$

Таблица 2
Сводный расчёт экономических эффектов

№	Наименование эффекта	Натуральный показатель	Величина, тыс. руб./год
1	Экономия рабочего времени врача	90 000 мин/год	1 346,4
2	Снижение числа FN-заключений	37,2 случая/год	5 132,8
3	Снижение числа FP-заключений	108 случаев/год	507,1
	Итого		6 986,3

Источник: составлено авторами

Для реализации проекта необходимы следующие затраты, представленные в таблице 3.

Таблица 3
Структура затрат проекта

Статья затрат	Тип затрат	Сумма, тыс. руб.
Стоимость внедрения (развёртывание, интеграция с МИС, обучение персонала)	Инвестиции (2026 г., единовременно)	5 000
Сопровождение и техническая поддержка системы	Эксплуатационные расходы (ежегодно)	5 000

Источник: составлено авторами

В 2026 году запланировано осуществление только инвестиционной фазы проекта, включая развёртывание и интеграция системы в инфраструктуру медицинской организации. Эксплуатационные эффекты реализуются, начиная с 2027 года. Годовой чистый денежный поток от первого операционного года:

$$\Delta CF = 6\,986{,}3 - 5\,000{,}0 = 1\,986{,}3 \text{ тыс. руб./год} \quad (10)$$

Для расчёта показателей экономической эффективности применяется метод дисконтированных денежных потоков (DCF) (см. Таблицу 4). Ставка дисконтирования принята на уровне 22,5 % в соответствии с рыночным уровнем альтернативных вложений. Горизонт расчёта - 9 лет (2027–2035 гг.).

Таблица 4
Расчёт денежного потока проекта, тыс. руб.

Показатель	2026	2027	2028	2029	2030	2031–2035
Суммарные эффекты	0	6 986,3	6 986,3	6 986,3	6 986,3	по 6 986,3
Эксплуатационные расходы	0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	по 5 000,0
Инвестиции	5 000	0	0	0	0	0
Денежный поток (ΔCF)	−5 000	1 986,3	1 986,3	1 986,3	1 986,3	по 1 986,3
Кумулятивный поток	−5 000	−3 013,7	−1 027,4	+958,9	+2 945,3	до +12 876,8

Источник: составлено авторами

Показатели экономической эффективности проекта представлены в таблице 5.

Таблица 5
Инвестиционные показатели проекта

Показатель	Значение
Ставка дисконтирования	22,5 %
NPV - чистая приведённая стоимость	2 406,9 тыс. руб.
IRR - внутренняя норма доходности	37,5 %
PP - простой срок окупаемости	3,5 года
DPP - дисконтированный срок окупаемости	5,1 года

Источник: Составлено авторами

NPV > 0 свидетельствует об экономической целесообразности проекта. IRR = 37,5 % превышает ставку дисконтирования (22,5 %) в 1,7 раза, что характеризует проект как высокодоходный. Простой срок окупаемости составляет 3,5 года - относительно короткий горизонт для проектов медицинской информатизации. Совокупный дисконтированный денежный поток за 9 лет составляет 2 406,9 тыс. руб. при первоначальных инвестициях 5 000 тыс. руб.

Для оценки устойчивости проекта проведён анализ чувствительности по четырём ключевым параметрам: стоимостным величинам эффектов, количественным величинам эффектов, текущим эксплуатационным затратам и величине инвестиций. Каждый параметр варьировался в диапазоне от −20 % до +20 % при неизменных остальных. Результаты по NPV представлены в таблице 6, по IRR - в таблице 7.

Таблица 6
Анализ чувствительности: NPV, тыс. руб.

Изменяемый параметр	−20 %	−10 %	Базовый	+10 %	+20 %
Стоимостные величины эффектов	−2 803,4	−198,3	2 406,9	5 012,1	7 617,3
Количественные величины эффектов	−2 803,4	−198,3	2 406,9	5 012,1	7 617,3
Текущие затраты на проект	6 135,9	4 271,4	2 406,9	542,4	−1 322,1
Величина инвестиций в проект	3 406,9	2 906,9	2 406,9	1 906,9	1 406,9

Источник: составлено авторами

Таблица 7
Анализ чувствительности: IRR

Изменяемый параметр	−20 %	−10 %	Базовый	+10 %	+20 %
Стоимостные величины эффектов	1,2 %	21,2 %	37,5 %	52,5 %	67,0 %
Количественные величины эффектов	1,2 %	21,2 %	37,5 %	52,5 %	67,0 %
Текущие затраты на проект	58,8 %	48,3 %	37,5 %	26,0 %	13,3 %
Величина инвестиций в проект	48,2 %	42,3 %	37,5 %	33,4 %	30,0 %

Источник: составлено авторами

Анализ показывает, что наибольшее влияние на NPV оказывают стоимостные и количественные величины эффектов при их снижении на 20 % проект переходит в зону отрицательного NPV. Это означает, что достоверность исходных данных (показатели FN, FP и нормативы стоимости) является критическим условием корректности расчёта, следовательно, регулярный мониторинг KPI системы в ходе эксплуатации обязателен. Проект устойчив к изменению величины инвестиций даже при их увеличении на 20 % NPV остаётся положительным (1 406,9 тыс. руб.). При снижении текущих затрат на 20 % NPV возрастает до 6 135,9 тыс. руб.

Основные результаты

Внедрение СППВР в нейроонкологической практике обеспечивает тройной экономический эффект: сокращение трудозатрат врача (−30 мин на исследование), снижение числа ложноотрицательных диагнозов (−37,2 случая/год) и ложноположительных заключений (−108 случаев/год).

Совокупный годовой экономический эффект составляет 6 986,3 тыс. руб. При ежегодных эксплуатационных расходах 5 000 тыс. руб. и единовременных инвестициях 5 000 тыс. руб. проект является экономически состоятельным: NPV = 2 406,9 тыс. руб., IRR = 37,5 %, простой срок окупаемости - 3,5 года.

Анализ чувствительности подтверждает устойчивость выводов при варьировании ключевых параметров в диапазоне ±10 %. Ключевым фактором риска является точность показателей диагностической точности системы; рекомендуется организовать регулярный сбор KPI в ходе эксплуатации.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности масштабирования проекта на другие медицинские организации при наличии сопоставимых объёмов МРТ-диагностики.

Литература

1. Об утверждении программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов : Постановление Правительства Российской Федерации от 25 октября 2025 г. № 1406 [Электронный ресурс]. - URL: https://government.ru/docs/57499/ (дата обращения: 08.01.2026).
2. Среднемесячная начисленная заработная плата работников здравоохранения в первом полугодии 2025 года [Электронный ресурс] // Медицинский вестник. - URL: https://medvestnik.ru/content/news/Rosstat-nazval-srednuu-zarplatu-v-zdravoohranenii-v-pervoi-polovine-2025-goda-2.html (дата обращения: 08.01.2026).
3. Первая оценка ВВП за 2024 год [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. - URL: https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/254129 (дата обращения: 08.01.2026).
4. Goyal P., Bhagat N., Saha A. Systematic review of cost effectiveness and budget impact of AI-based clinical decision support / P. Goyal, N. Bhagat, A. Saha // npj Digital Medicine. - 2025. - DOI: 10.1038/s41746-025-01722-y.
5. Kang S. K., Rybicki F. J. Artificial intelligence explainability in clinical decision support systems / S. K. Kang, F. J. Rybicki // Journal of the American College of Radiology. - 2023. - URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9931364/ (дата обращения: 08.01.2026).
6. Siebert U. [et al.]. State-Transition Modeling: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force // Medical Decision Making. - 2012. - Vol. 32, № 5. - P. 690–700.
7. Puterman M. L. Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming / M. L. Puterman. - New York : Wiley, 1994. - 666 p.
8. Willan, A. R.; Briggs, A. H. A Tutorial on Net Benefit Regression for Real-World Cost-Effectiveness Analyses [Электронный ресурс] – // Medical Decision Making. – 2024. – Режим доступа: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10987289/ (дата обращения: 08.01.2026).
9. Гужев Д.А. Методика расчета чистого дисконтированного дохода инвестиционного проекта с учетом вариативности определения денежного потока капитальных вложений // Финансы и кредит. 2022. Т. 28, № 9. С. 2016–2031. DOI: 10.24891/fc.28.9.2016
10. Гусев А.В. Особенности расчета инвестиционной эффективности проектов региона по методу NPV // Маркетинг и логистика. 2018. № 3. С. 34—39.
11. Гасанов О.С. Влияние цифровизации на экономику России // Финансы и кредит. 2022. Т. 28, № 7. С. 1534–1553. DOI: 10.24891/fc.28.7.1534
12. Пласкова Н.С. Развитие методологии экономического анализа в цифровой экономике // Учет. Анализ. Аудит. 2018. Т. 5. № 2. С. 36—43.

Evaluation of the economic efficiency of implementing a medical decision support system in neuro-oncology

Alliti D.B., Bezruchko D.S., Ilyin I.V.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

This article examines the methodological and practical aspects of assessing the economic effectiveness of artificial intelligence-based projects in healthcare. Unlike traditional investment projects, AI systems in clinical practice often do not generate additional revenue but are aimed at reducing costs, medical errors, and process optimization. A proposed approach is based on comparing "with" and "without" scenarios, identifying operational cost savings and subsequently discounting net cash flows. Using the example of implementing a medical decision support system (MDSS) in neuro-oncology, it is shown that reducing MRI analysis time from 35 to 5 minutes, decreasing the false-negative rate from 3.00% to 1.76%, and decreasing the false-positive rate from 4.00% to 0.40% yields a total annual economic benefit of 6,986,300 rubles. The NPV is 2,406,900 rubles, and the IRR is 37.5%. A sensitivity analysis in the ±10% range confirms the project's viability; the critical risk factor is the accuracy of the initial diagnostic parameters. The results demonstrate the applicability of the proposed methodology for substantiating intra-organizational AI projects in medicine and the feasibility of scaling them.

Keywords: cost-effectiveness, NPV, IRR, payback period, sensitivity analysis, PPRR, false negatives, false positives, neuro-oncology.

References

1. On approval of the program of state guarantees for the free provision of medical care to citizens for 2026 and for the planning period of 2027 and 2028: Resolution of the Government of the Russian Federation of October 25, 2025 No. 1406 [Electronic resource]. - URL: https://government.ru/docs/57499/ (date of access: 08.01.2026).
2. Average monthly accrued wages of healthcare workers in the first half of 2025 [Electronic resource] // Medical Bulletin. - URL: https://medvestnik.ru/content/news/Rosstat-nazval-

srednuu-zarplatu-v-zdravoohranenii-v-pervoi-polovine-2025-goda-2.html (date of access: 08.01.2026).
3. First GDP Estimate for 2024 [Electronic Resource] // Federal State Statistics Service. - URL: https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/254129 (date of access: 08.01.2026).
4. Goyal P., Bhagat N., Saha A. Systematic review of cost effectiveness and budget impact of AI-based clinical decision support / P. Goyal, N. Bhagat, A. Saha // npj Digital Medicine. - 2025. - DOI: 10.1038/s41746-025-01722-y.
5. Kang S. K., Rybicki F. J. Artificial intelligence explainability in clinical decision support systems / S. K. Kang, F. J. Rybicki // Journal of the American College of Radiology. - 2023. - URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9931364/ (access date: 01/08/2026).
6. Siebert U. [et al.]. State-Transition Modeling: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force // Medical Decision Making. - 2012. - Vol. 32, No. 5. - P. 690–700.
7. Puterman M. L. Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming / M. L. Puterman. - New York: Wiley, 1994. - 666 p.
8. Willan, A. R.; Briggs, A. H. A Tutorial on Net Benefit Regression for Real-World Cost-Effectiveness Analyses [Electronic resource] – // Medical Decision Making. – 2024. – Access mode: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10987289/ (date of access: 08.01.2026).
9. Guzhev, D. A. Methodology for calculating the net present value of an investment project, taking into account the variability in determining the cash flow of capital investments // Finance and Credit. 2022. Vol. 28, No. 9. Pp. 2016–2031. DOI: 10.24891/fc.28.9.2016
10. Gusev, A. V. Features of calculating the investment efficiency of regional projects using the NPV method // Marketing and Logistics. 2018. No. 3. Pp. 34-39.
11. Gasanov O.S. The Impact of Digitalization on the Russian Economy // Finance and Credit. 2022. Vol. 28, No. 7. Pp. 1534-1553. DOI: 10.24891/fc.28.7.1534
12. Plaskova N.S. Development of the Methodology of Economic Analysis in the Digital Economy // Accounting. Analysis. Audit. 2018. Vol. 5. No. 2. Pp. 36-43.

Коэффициент покрытия непостоянных потерь как инструмент оценки эффективности стратегии предоставления ликвидности (на примере Uniswap V3)

Андреев Михаил Сергеевич
аспирант, кафедра «Математические, статистические и инструментальные методы, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», mishaandreev007@gmail.com

В статье рассматривается проблема оценки эффективности стратегий предоставления ликвидности в протоколах автоматического маркет-мейкинга на примере протокола Uniswap V3. Отмечается, что существующие подходы не учитывают нелинейную зависимость результата LP-позиции от инвестиционного горизонта, а также оценивают непостоянные потери изолированно от накопленного комиссионного дохода. Для устранения этих недостатков предложен динамический коэффициент покрытия непостоянных потерь, интегрирующий комиссионный доход и текущую величину непостоянных потерь. На эмпирических данных проведен сравнительный анализ LP-стратегии и пассивного инвестирования в индекс S&P500. Сделан вывод о методологической нецелесообразности оценки LP-стратегий на коротких горизонтах (менее 180 дней) и предложен коэффициент покрытия непостоянных потерь в качестве инструмента непрерывного мониторинга позиций.

Ключевые слова: индекс, протокол Uniswap V3, автоматический маркет-мейкер, концентрированная ликвидность, непостоянные потери, сравнительный анализ, доходность, управление рисками.

Введение

В условиях институциональной конвергенции традиционных и децентрализованных финансов возникает фундаментальный вопрос об отнесении протоколов автоматического маркет-мейкинга либо к инструментам с положительным ожидаемым доходом после поправки на риск, либо к инструментам, доходность по которым объясняется исключительно компенсацией за недиверсифицируемый риск ценовой дивергенции. С теоретической точки зрения важным представляется учет временного фактора накопления комиссионного дохода – в виде переменной, которая в имеющихся научных исследованиях [4, 6] либо агрегируется в годовую ставку (APR), либо игнорируется. На наш взгляд, непостоянные потери и комиссионный доход обладают принципиально различной временной структурой: первые детерминированы мгновенным ценовым сдвигом, а комиссии накапливаются кумулятивно. Это различие порождает нелинейную зависимость эффективности стратегии предоставления ликвидности (LP-стратегии) от горизонта инвестирования, которая остается за рамками существующих моделей. Для ее формализации предлагается динамический коэффициент покрытия непостоянных потерь (ICR), позволяющий операционализировать сравнение LP-стратегий с пассивным бенчмарком и традиционным рыночным индексом.

К началу 2025 г. совокупный объём средств, заблокированных в протоколах децентрализованных финансов, превысил 100 млрд долл. США, что сформировало самостоятельный класс инвестиционных инструментов, принципиально отличающихся от традиционных активов как по структуре дохода, так и по профилю риска. Центральное место в данном сегменте занимают протоколы автоматического маркет-мейкинга (AMM), в которых роль традиционного биржевого стакана выполняет детерминированный алгоритм ценоообразования. Одним из наиболее технологически развитых представителей данного класса является протокол Uniswap V3, основанный на концепции концентрированной ликвидности. Данный протокол выбран в качестве объекта эмпирического анализа. Таким образом, вышеобозначенный методологический пробел сочетается с возросшей практической значимостью инструментов децентрализованных финансов, устранение которого возможно через введение метрики ICR и ее апробации на реальных данных. Для решения поставленной задачи выдвигаются гипотезы:

Гипотеза 1

При инвестиционном горизонте свыше 12 месяцев накопленный комиссионный доход в пуле концентрированной ликвидности Uniswap V3 по паре «стейблкоин/волатильный актив» превышает абсолютную величину непостоянных потерь.

Гипотеза 2

LP-стратегия в протоколе Uniswap V3 обеспечивает более высокую доходность позиции за период по сравнению с пассивным инвестированием в S&P500 при сопоставимом горизонте.

Коэффициент ICR – динамический показатель, интегрирующий в одном значении накопленный комиссионный доход и текущую величину непостоянных потерь. Существующие подходы [5,6,7] трактуют непостоянные потери как изолированную величину, при этом авторская методика учитывает временную динамику накопления комиссий и разграничивает нереализованные и реализованные потери.

Литературный обзор

Теоретическое осмысление механизмов автоматического децентрализованного маркет-мейкинга насчитывает около семи лет. За этот срок сформировалось несколько исследовательских направлений, однако методологическая база для корректного сравнения децентрализованных инструментов с традиционными классами активов остаётся фрагментарной.

Модель постоянного произведения $x \cdot y = k$, реализованная в протоколах Uniswap V1 и V2, детально описана Adams H., Zinsmeister N., Salem M., Keefer R., Robinson D. [1]. Angeris G., Chitra T. [2] показано, что при наличии активных арбитражёров маркет-мейкингов (AMM) на основе выпуклых инвариантов устойчиво отслеживает рыночную цену; Angeris G., Agrawal A., Evans A., Chitra T., Boyd S. [3] аналогичный ре-

зультат получен посредством аппарата выпуклой оптимизации применительно к глубине рынка. Механизм концентрированной ликвидности протокола Uniswap V3, позволяющий LP удерживать капитал в заданном ценовом коридоре, подробно описан в [1]. Впервые значительный эмпирический анализ сравнительной эффективности V3 и V2 представлен в работе Loesch S., Hindman N., Richardson M. B., Welch N. [4].

Формализация концепции непостоянных потерь в виде аналитических расчётов представлена в работе Adams H., Martinelli F. [5]. Модель оптимального ценового диапазона, при котором непостоянные потери минимизируются при заданном Fee APR (Annual Percentage Rate), предложена Merle G., Lissandrin M. [7]. Иной подход использован в Heimbach L., Wang Y., Wattenhofer R. [6]: авторы исследуют поведение розничных LP-стратегий в протоколе Uniswap V3 и фиксируют, что в среднем их результаты уступают стратегии пассивного удержания. При этом, указывается на значительный разброс результатов в зависимости от выбранного диапазона и срока наблюдения – наблюдение, которое составляет один из отправных тезисов настоящей работы.

Аналитики Банка международных расчётов [8] рассматривают децентрализованные инструменты (DeFi-инструменты) как потенциальный источник системного риска для традиционных рынков; одновременно ими признаётся инновационный потенциал протоколов в части генерации дохода. Jensen J. R., von Wachter V., Ross O. [9] на основе эмпирических данных показано, что в отдельные рыночные периоды DeFi-протоколы обеспечивают доходность, превышающую показатели индексных стратегий, хотя и при принципиально ином профиле риска. Регуляторные и институциональные аспекты DeFi применительно к российскому финансовому праву рассмотрены в [10-12].

Проведённый теоретический анализ выявляет два взаимосвязанных ограничения. Первое касается временно́го горизонта: работы [4, 6] охватывают периоды до трёх месяцев включительно, что недостаточно для накопления комиссий в объёме, сопоставимом с ценовой дивергенцией; [5] рассматривает непостоянные потери вне связи с доходностью от комиссий. Второе ограничение носит инструментальный характер: ни в одном из источников не предложен динамический показатель, позволяющий численно отслеживать соотношение накопленных комиссий и непостоянных потерь на протяжении всего срока жизни позиции. Считаем целесообразным оба указанных пробела ликвидировать, апробируя авторскую методику на горизонте 388 дней с введением коэффициента ICR как инструмента интегральной оценки.

Методы исследования

Для проверки выдвинутых гипотез и количественной оценки эффективности LP-стратегии по сравнению с пассивным индексным инвестированием разработан многоэтапный алгоритм сравнительного анализа. На первом этапе определяются объекты сравнения: LP-позиция в пуле AMM с TVL > 10 млн долл. и традиционный рыночный бенчмарк (индекс S&P500).

На втором устанавливается единый горизонт наблюдения; нижняя граница – 180 дней, исходя из предположения о нелинейной зависимости эффективности LP-стратегии от времени. Фактический горизонт составляет 388 дней, что более чем вдвое превышает минимальный порог. Третий этап – сбор данных: для LP-позиции используются агрегаторы Revert.finance или Uniswap Analytics, для бенчмарка – открытые финансовые источники. Четвёртый и пятый этапы включают расчёт метрик эффективности и коэффициента ICR. К метрикам эффективности относятся ROI, APR, общая доходность LP-позиции и сравнительная разница доходностей. На шестом этапе проводится сравнительный анализ доходности и рисков, а на седьмом этапе – верификация гипотез, каждая из которых проверяется на соответствие количественным критериям.

Система метрик доходности и риска включает следующие показатели:

$$ROI = (PnL / V_0) \times 100\,\%, \quad (1)$$

где ROI – общая доходность позиции, PnL – суммарная прибыль, включающая комиссионный доход, изменение стоимости активов и реализованные непостоянные потери; V_0 – начальная стоимость активов.

$$APR = (Fee\ Yield / V_0) \times (365 / T) \times 100\,\%, \quad (2)$$

где APR – приведённая годовая доходность по комиссиям, FeeYield – накопленный комиссионный доход; T – продолжительность периода в днях.

Эффективная доходность LP-позиции:

$$Effective\ Return = Price\ Return + Fee\ Yield - Realized\ IL. \quad (3)$$

где Effective Return — эффективная (итоговая) доходность LP-позиции в денежном, отражающая совокупный финансовый результат стратегии предоставления ликвидности с учётом всех источников дохода и реализованных потерь;

Price Return — доходность от изменения рыночной стоимости базовых активов, входящих в состав пула, за период удержания позиции; определяется как разность между рыночной стоимостью активов на момент закрытия и на момент открытия позиции;

Fee Yield — совокупный накопленный комиссионный доход, полученный поставщиком ликвидности за обслуживание торговых операций в пуле за весь период удержания позиции; рассчитывается как сумма всех начисленных комиссий пропорционально доле LP в пуле;

Realized IL — реализованные непостоянные потери, то есть фактически зафиксированная величина дивергенции стоимости позиции относительно стратегии пассивного удержания (HODL) на момент закрытия позиции; в отличие от «бумажного» IL, учитывается только при фактическом закрытии позиции.

Когда ICR ≥ 1, величина Realized IL полностью компенсируется FeeYield; формула (3) сводится к сумме Price Return и Fee Yield.

Сравнительная разница доходностей:

$$\Delta ROI = ROI(UniswapV3) - ROI(Benchmark). \quad (4)$$

Коэффициент ICR введен как операциональная метрика для количественной оценки степени нейтрализации непостоянных потерь накопленным комиссионным доходом. Показатель рассчитывается как:

$$ICR = Fee\ Yield / |IL|, \quad (5)$$

где |IL| – абсолютная величина непостоянных потерь на момент расчёта.

Шкала интерпретации

При ICR<1 комиссионный доход не покрывает непостоянные потери, стратегия уступает HODL (Hold On for Dear Life) – это критическая зона. Значение ICR = 1 соответствует точке безубыточности по риску IL. Диапазон 1 < ICR < 10 означает превышение комиссий над потерями при сохраняющейся чувствительности к рыночной динамике (рабочая зона). При ICR ≥ 10 IL статистически несущественна относительно комиссионного дохода – оптимальная зона.

Доступные калькуляторы непостоянных потерь – dailydefi.org, il.wtf и аналогичные сервисы – рассчитывают IL (Impermanent Loss, непостоянные потери) изолированно, не учитывая накопленного комиссионного дохода. Это систематически завышает воспринимаемый риск позиции и может приводить к преждевременному ее закрытию. ICR устраняет указанный методический недостаток за счёт интегрального учёта обеих составляющих. Помимо этого, показатель обладает свойством динамичности: он может пересчитываться в любой момент жизни позиции, превращая разовую оценку в инструмент непрерывного мониторинга.

Сравнение проводилось без учёта налоговых и транзакционных издержек, что может незначительно завышать преимущество LP-стратегии

Обсуждение и результаты

В качестве исходной базы выбран единый период наблюдения для обеих стратегий - 388 дней: с 5 марта 2025 г. по 28 марта 2026 г. В качестве объектов исследования выступают LP-позиция Uniswap V3 и индекс S&P 500.

LP-позиция Uniswap V3 (NFT ID #941276)

Торговая пара ETH/USDC, уровень комиссии 0,30 %. Пул ETH/USDC 0,30 % входит в число наиболее ликвидных в экосистеме Ethereum и является репрезентативным примером пары «стейблкоин / волатильный актив» – категории, имеющей наибольшее практическое значение для розничных LP. Данные получены из агрегатора Revert.finance и включают накопленные, в том числе несобранные, комиссии согласно методологии агрегатора.

Индекс S&P 500 (тикер ^GSPC)

Данные по ценам закрытия получены из Yahoo Finance и MarketWatch. Дивидендная доходность принята на уровне ~1,30 % годовых – расчётная оценка на основе среднеисторических значений; данное допущение представляет ограничение исследования. Транзакционные издержки, связанные с вложением в индексные инструменты (комиссии ETF, брокерские сборы), не включены в расчёт, что несущественно завышает доходность бенчмарка.

Выбор пары ETH/USDC определён двумя соображениями. Первое – практическое: стабильный торговый объём пула обеспечивает генерацию статистически значимого комиссионного дохода. Второе – методическое: для данной пары существуют верифицированные исторические данные в независимых агрегаторах, что позволяет воспроизвести расчёты. Горизонт 388 дней более чем вдвое превышает рекомендуемый минимум в 180 дней и охватывает несколько рыночных фаз, что повышает надёжность выводов.

Ключевые финансовые характеристики позиции Uniswap V3 #941276 по итогам периода наблюдения приведены в таблице 1.

Таблица 1
Финансовые показатели позиции Uniswap V3 #941276

Показатель	Значение
Возраст позиции	388,5 дней
Стоимость активов (TVL)	538 071,57 долл. США
Общий PnL (Profit and Loss)	+150 736,00 долл. США
ROI (Return on Investment)	27,95 %
Fee APR	26,00 %
Общий APR	26,25 %
Совокупный комиссионный доход (Fee Yield)	152 030,00 долл. США
Несобранные комиссии	34 242,32 долл. США
Потери от дивергенции (Impermanent Loss)	−1 291,00 долл. США
Статус позиции на конец периода	In-Range (в диапазоне)

На протяжении всего периода наблюдения позиция сохраняла статус «In-Range»: рыночная цена ETH (нативный цифровой актив блокчейн-сети Ethereum) не выходила за установленные границы диапазона ни разу, что обеспечивало непрерывное начисление торговых комиссий. Совокупный комиссионный доход за 388,5 дней составил 152 030 долл. США. Непостоянные потери за тот же период – 1 291 долл. США, то есть менее 1 % от объёма заработанных комиссий.

Верификация гипотезы 1 осуществляется через подстановку данных позиции в формулу (5):

$$ICR = 152\,030 / 1\,291 \approx 117{,}7. \quad (6)$$

Накопленный комиссионный доход превысил непостоянные потери в 117,7 раза, что соответствует оптимальной зоне (ICR ≥ 10), в которой непостоянные потери не оказывают существенного влияния на итоговый результат позиции. Гипотеза 1 подтверждается. При горизонте 388 дней накопленный комиссионный доход полностью нейтрализовал непостоянные потери с кратностью покрытия 117,7.

Данные по бенчмарку за исследуемый период представлены в таблице 2.

Таблица 2
Показатели индекса S&P500 за период исследования

Показатель	Значение
Значение индекса в начале периода	5 842,63 пункта
Значение индекса в конце периода	6 368,85 пункта
Ценовая доходность	+9,06 %
Дивидендная доходность (расчётная оценка)	~1,30 % годовых
Полная доходность за период (Total Return)	~10,36 %

Верификация гипотезы 2 осуществляется через разницу в доходности, рассчитанную по формуле (4):

$$\Delta ROI = 27{,}95 - 10{,}36 = 17{,}59 \text{ п. п.} \quad (7)$$

За 388-дневный период LP-стратегия опередила индекс S&P500 на 17,59 п.п. по показателю ROI. При объёме капитала ~538 000 долл. США абсолютное превышение дохода составило порядка 87 000 долл. в пользу DeFi-стратегии. Таким образом, наблюдается подтверждение гипотезы 2. При сопоставимом горизонте инвестирования стратегия предоставления концентрированной ликвидности обеспечила более высокий ROI, чем пассивное индексное инвестирование.

Полученные данные требуют интерпретации в нескольких аспектах: в сопоставлении с результатами предшествующих исследований, с точки зрения методической ценности ICR, а также с позиций оценки риска.

Сопоставление с результатами предшествующих исследований

Работы [4] и [6] зафиксировали, что значительная доля LP-позиций в Uniswap V3 проигрывает стратегии HODL. Результаты настоящего исследования расходятся с этим выводом. Ключевое объяснение состоит в следующем: исследования [4] и [6] ограничены горизонтами от нескольких недель до трёх месяцев – периодом, за который торговые комиссии не успевают накопиться в объёме, способном перекрыть ценовую дивергенцию. При горизонте 388 дней соотношение меняется на противоположное. Это наблюдение подтверждает гипотезу о нелинейной временной зависимости эффективности LP-стратегий и указывает на методологическую нецелесообразность их оценки на коротких отрезках.

Полученный результат ICR = 117,7 не является случайным следствием выгодной рыночной конъюнктуры – он отражает закономерность, которую теоретически предсказывает механика концентрированной ликвидности: при удержании позиции «в диапазоне» непрерывный поток комиссий нарастает, тогда как значение непостоянных потерь остаётся нереализованным, то есть существует лишь в виде упущенной альтернативной доходности. Принципиальная ценность ICR состоит в том, что он делает эту закономерность измеримой на любом этапе жизни позиции. Использование ICR как мониторингового инструмента позволяет инвестору наблюдать переход позиции между зонами интерпретации и принимать решения об удержании или закрытии на основе количественного критерия, а не эвристических суждений.

Доходность LP-стратегии формируется за счёт вознаграждения за обслуживание торговых потоков (рыночный мейкинг). Доходность S&P500 определяется ростом корпоративной стоимости и дивидендными выплатами. Эти два источника обусловлены различными макроэкономическими факторами и характеризуются слабой взаимной корреляцией. Данное обстоятельство открывает возможность их совместного использования в составе диверсифицированного портфеля с целью потенциального улучшения риск-скорректированных показателей.

Ценовая волатильность ETH исторически оценивается выше волатильности S&P500, что могло бы служить аргументом в пользу повышенного риска LP-стратегии. Данный аргумент, однако, требует поправки на структуру позиции: 50% активов приходится на стейблкоин USDC, ценовая волатильность которого близка к нулю. По этой причине итоговая волатильность портфеля существенно ниже, чем следует из номинальной волатильности ETH. Кроме того, поскольку IL за период наблюдения не был реализован (ICR = 117,7):

$$Effective\ Return = 538\,071{,}57 + 150\,736{,}00 - 1\,291{,}00 \approx \approx 687\,516{,}57 \quad (8)$$

(при условии Realized IL ≈ 0). Таким образом, эффективный уровень риска LP-стратегии оказался ниже номинального, а её риск-скорректированная доходность превысила доходность бенчмарка.

Заключение

Настоящее исследование решает задачу, до сих пор не имевшую верифицированного ответа в литературе: насколько эффективна стратегия концентрированной ликвидности Uniswap V3 в сопоставлении с пассивным индексным инвестированием при горизонте, превышающем 12 месяцев. На основе данных позиции ETH/USDC #941276 за 388 дней получены следующие результаты.

1. ROI LP-стратегии составил 27,95% против 10,36 % у индекса S&P500 при идентичном горизонте наблюдения; разница в пользу DeFi-стратегии – 17,59 п.п, что подтверждает гипотезу 2.

2. Коэффициент ICR = 117,7, то есть накопленные комиссии превысили непостоянные потери в 117,7 раза, что соответствует оптимальной зоне предложенной шкалы. Риск непостоянных потерь при данных параметрах позиции и горизонте оказался статистически несущественным, что подтверждает гипотезу 1.

3. Коэффициент ICR устраняет системный изъян существующих аналитических инструментов – изолированную оценку непостоянных потерь без учёта накопленного комиссионного дохода. Динамическая природа показателя делает его пригодным как для мониторинга отдельной позиции, так и для стандартизированных межпарных сравнений.

4. Восприятие непостоянных потерь как доминирующего риска DeFi-инструментов методологически обосновано лишь при коротком горизонте наблюдения. При горизонте свыше 12 месяцев и обоснованно выбранном ценовом диапазоне непостоянные потери нейтрализуются накопленным комиссионным доходом и не определяют итоговый результат позиции.

5. Коэффициент ICR целесообразно рассчитывать с периодичностью не реже одного раза в месяц; значение ICR=1 соответствует точке безубыточности по риску IL, ICR ≥ 10 – его практической несущественности. Ценовой диапазон рекомендуется устанавливать на основе анализа исторической волатильности пары за период не менее 180 дней; ориентир – нахождение цены «в диапазоне» не менее 80% расчётного времени. Минимальный горизонт для корректной оценки эффективности LP-стратегии по паре «стейблкоин / волатильный актив» – 180 дней.

Таким образом, стратегия предоставления концентрированной ликвидности в протоколе Uniswap V3 при горизонте свыше 12 месяцев и обоснованном выборе ценового диапазона способна обеспечивать доходность, превышающую пассивное индексное инвестирование в S&P500, при статистически несущественном влиянии непостоянных потерь. Предложенный коэффициент является операциональным инструментом мониторинга и сравнения LP-стратегий, пригодным для использования как розничными, так и институциональными инвесторами.

Литература

1. Adams H., Zinsmeister N., Salem M., Keefer R., Robinson D. Uniswap v3 Core / Uniswap Labs. – 2021. https://app.uniswap.org/whitepaper-v3.pdf

2. Angeris G., Chitra T. Improved Price Oracles: Constant Function Market Makers // Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies. – 2020. – P. 80–91.

3. Angeris G., Agrawal A., Evans A., Chitra T., Boyd S. Constant Function Market Makers: Multi-Asset Trades via Convex Optimization // arXiv. – 2021. – arXiv:2107.12484.

4. Loesch S., Hindman N., Richardson M. B., Welch N. Impermanent Loss in Uniswap v3 // arXiv. – 2021. – arXiv:2111.09192.

5. Adams H., Martinelli F. Uniswap A Good Deal for Liquidity Providers? [Электронный ресурс] // Pintail's Notes. — 2019. — 12 янв. — URL: https://pintail.medium.com/uniswap-a-good-deal-for-liquidity-providers-104c0b6816f2 (дата обращения: 25.04.2026).

6. Heimbach L., Wang Y., Wattenhofer R. Behavior of Liquidity Providers in Decentralized Exchanges // arXiv. – 2021. – arXiv:2105.13822.

7. Merle G., Lissandrin M. Optimal Liquidity Provision in Concentrated Automated Market Makers // Journal of Financial Economics. – 2023.

8. Aramonte S., Huang W., Schrimpf A. DeFi Risks and the Decentralisation Illusion // BIS Quarterly Review. – December 2021. – P. 21–36.

9. Jensen J. R., von Wachter V., Ross O. An Introduction to Decentralized Finance (DeFi) // Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly. – 2021. – № 26. – P. 46–54.

10. Харви К. Р., Рамачандран А., Санторо Д. DeFi и будущее финансов: как технология децентрализованных финансов трансформирует банковскую систему. — М.: Эксмо, 2023.

11. Aigner, A. A., Dhaliwal, G. Uniswap impermanent loss and risk profile of a liquidity provider [Электронный ресурс] / A. A. Aigner, G. Dhaliwal. — 2021. — arXiv: 2106.14404.

12. Loesch, S., Hindman, N., Welch, N., Richardson, M. B. Impermanent loss in Uniswap v3 [Электронный ресурс] / S. Loesch, N. Hindman, N. Welch, M. B. Richardson. — 2021. — arXiv: 2111.09192.

13. Heimbach, L., Schertenleib, E., Wattenhofer, R. Risks and returns of Uniswap V3 liquidity providers [Электронный ресурс] / L. Heimbach, E. Schertenleib, R. Wattenhofer. — 2022. — arXiv: 2205.08904.

14. Ang A., Hodrick R. J., Xing Y., Zhang X. The cross-section of volatility and expected returns // The Journal of Finance. — 2006. — Vol. 61, No. 1. — P. 259–299.

15. Данные аналитического агрегатора Revert Finance. Позиция #941276. – URL: https://revert.finance (дата обращения: 28.03.2026).

16. S&P Global. S&P 500 Historical Data. URL: https://www.spglobal.com/ (дата обращения: 28.03.2026).

17. Yahoo Finance. S&P 500 (^GSPC) Historical Prices. – URL: https://finance.yahoo.com (дата обращения: 28.03.2026).

The Volatile Loss Coverage Ratio as a Tool for Assessing the Effectiveness of a Liquidity Provision Strategy (Uniswap V3 as an Example)

Andreev M.S.
Synergy Moscow University of Finance and Industry

JEL classification: G20, G24, G28, H25, H30, H60, H72, H81, K22, K34

The article discusses the problem of evaluating the effectiveness of liquidity provision strategies in automated market-making protocols using the example of the Uniswap V3 protocol. It is noted that the existing approaches do not take into account the nonlinear dependence of the LP position result on the investment horizon, and also estimate non-permanent losses in isolation from the accumulated commission income. To eliminate these disadvantages, a dynamic coefficient for covering non-permanent losses is proposed, integrating commission income and the current value of non-permanent losses. A comparative analysis of the LP strategy and passive investment in the S&P500 index is based on empirical data. The conclusion is made about the methodological inexpediency of evaluating LP strategies on short horizons (less than 180 days) and the coefficient of coverage of non-permanent losses is proposed as a tool for continuous monitoring of positions.

Keywords: index, Uniswap V3 protocol, automated market maker, concentrated liquidity, impermanent loss, benchmarking, profitability, risk management.

References

1. Adams H., Zinsmeister N., Salem M., Keefer R., Robinson D. Uniswap v3 Core / Uniswap Labs. – 2021. https://app.uniswap.org/whitepaper-v3.pdf
2. Angeris G., Chitra T. Improved Price Oracles: Constant Function Market Makers // Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies. – 2020. – P. 80–91.
3. Angeris G., Agrawal A., Evans A., Chitra T., Boyd S. Constant Function Market Makers: Multi-Asset Trades via Convex Optimization // arXiv. – 2021. – arXiv:2107.12484.
4. Loesch S., Hindman N., Richardson M. B., Welch N. Impermanent Loss in Uniswap v3 // arXiv. – 2021. – arXiv:2111.09192.
5. Adams H., Martinelli F. Uniswap A Good Deal for Liquidity Providers? [Electronic resource] // Pintail's Notes. — 2019. — January 12. — URL: https://pintail.medium.com/uniswap-a-good-deal-for-liquidity-providers-104c0b6816f2 (access date: 04/25/2026).
6. Heimbach L., Wang Y., Wattenhofer R. Behavior of Liquidity Providers in De-centralized Exchanges // arXiv. – 2021. – arXiv:2105.13822.
7. Merle G., Lissandrin M. Optimal Liquidity Provision in Concentrated Automated Market Makers // Journal of Financial Economics. – 2023.
8. Aramonte S., Huang W., Schrimpf A. DeFi Risks and the Decentralization Illusion // BIS Quarterly Review. – December 2021. – P. 21–36.
9. Jensen J. R., von Wachter V., Ross O. An Introduction to Decentralized Finance (DeFi) // Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly. – 2021. – No. 26. – P. 46–54.
10. Harvey K. R., Ramachandran A., Santoro D. DeFi and the Future of Finance: How Decentralized Finance Technology is Transforming Banking. Moscow: Eksmo, 2023.
11. Aigner, A. A., Dhaliwal, G. Uniswap impermanent loss and risk profile of a liquidity provider [Electronic resource] / A. A. Aigner, G. Dhaliwal. - 2021. - arXiv: 2106.14404.
12. Loesch, S., Hindman, N., Welch, N., Richardson, M. B. Impermanent loss in Uniswap v3 [Electronic resource] / S. Loesch, N. Hindman, N. Welch, M. B. Richardson. - 2021. - arXiv: 2111.09192.
13. Heimbach, L., Schertenleib, E., Wattenhofer, R. Risks and returns of Uniswap V3 liquidity providers [Electronic resource] / L. Heimbach, E. Schertenleib, R. Wattenhofer. - 2022. - arXiv: 2205.08904.
14. Ang, A., Hodrick, R. J., Xing, Y., Zhang, X. The cross-section of volatility and expected returns // The Journal of Finance. - 2006. - Vol. 61, No. 1. - P. 259–299.
15. Data from the analytical aggregator Revert Finance. Position #941276. - URL: https://revert.finance (accessed: March 28, 2026).
16. S&P Global. S&P 500 Historical Data. URL: https://www.spglobal.com/ (accessed: March 28, 2026).
17. Yahoo Finance. S&P 500 (^GSPC) Historical Prices. – URL: https://finance.yahoo.com (accessed: March 28, 2026).

Экономико-математическая модель распределения экономических событий по экстремальным значениям

Багинов Иннокентий Петрович
кандидат экономических наук, доцент, Московский технический университет связи и информатики, ken2004@mail.ru,

Бурлов Дмитрий Юрьевич
кандидат экономических наук, доцент, Московский университет «Синергия», budim15@mail.ru

В современной экономике частота катастрофических событий различного в том числе техногенного, геополитического характера беспрецедентная и поэтому особую актуальность для экономической науки и практики приобретает задача количественной оценки экстремальных страховых убытков. Традиционные статистические методы, ориентированные на анализ центральной тенденции и дисперсии, оказываются несостоятельными при моделировании экстремальных, но исключительно разрушительных по своей экономической величине явлений - ущерб от ураганов, наводнений, землетрясений, санкций и т.д. В статье представлена экономико-математическая модель распределения максимальных страховых выплат, основанная на фундаментальной теореме Б.В. Гнеденко о трёх типах предельных распределений экстремумов. Цель работы - разработка и эмпирическая апробация методики оценки максимально возможных потерь страховой компании с использованием обобщённого распределения экстремальных значений в рамках методы блочных максимумов. Описывается процедура генерации синтетической выборки, имитирующей временной ряд ежегодных максимальных страховых выплат по портфелю катастрофических рисков за пятидесятилетний период. Излагается методология оценки параметров обобщённого распределения экстремальных значений методом максимального правдоподобия. В эмпирической части работы приводятся результаты вычислительного эксперимента, реализованного в среде VS Code на языке Python. Выполнена оценка параметров формы, масштаба и сдвига распределения GEV, построены диагностические графики для проверки адекватности модели, рассчитаны квантили экстремальных потерь для периодов повторяемости 50, 100 и 200 лет. Проведено сопоставление полученных оценок с результатами, вытекающими из нормальной аппроксимации, и продемонстрировано катастрофическое занижение рискового капитала при игнорировании тяжёлых хвостов распределения. Полученные результаты подтверждают высокую практическую значимость применения теоремы Гнеденко для актуарных расчётов, формирования резервов и определения условий перестрахования. В выводах сформулированы рекомендации по внедрению предложенной экономико-математической модели в систему риск-менеджмента страховых организаций и намечены перспективы дальнейших исследований в области многомерных экстремумов.

Ключевые слова: теория экстремальных значений, теорема Гнеденко, распределение Фреше, обобщённое распределение экстремальных значений, блоковые максимумы, страховые выплаты, катастрофические риски, тяжёлые хвосты, экономико-математическое моделирование.

Введение

Современная экономическая система характеризуется особой уязвимостью перед лицом редких, но чрезвычайно разрушительных событий, получивших в научной литературе наименование «чёрных лебедей» [1]. В сфере страхования и управления финансовыми рисками наиболее серьёзную угрозу платёжеспособности институтов представляют не относительно предсказуемые и часто встречающиеся убытки малого и среднего размера, а именно экстремальные выплаты, обусловленные природными катастрофами, техногенными авариями или крупномасштабными судебными разбирательствами. Ураганы, наводнения, землетрясения и иные катастрофические события способны в течение нескольких часов или дней уничтожить капитал, накопленный страховой компанией за десятилетия успешной деятельности именно поэтому классические эконометрические подходы, опирающиеся на нормальное распределение или иные законы с экспоненциально убывающими хвостами, систематически и зачастую катастрофически недооценивают вероятность наступления подобных исходов, что приводит к формированию неадекватных страховых резервов и занижению требований к экономическому капиталу.

Теоретическая значимость работы заключается в явной демонстрации связи между положительным значением параметра формы обобщённого распределения экстремальных значений и принадлежностью исходного распределения к области притяжения распределения Фреше по теореме Гнеденко. Практическая значимость предложенной модели состоит в возможности её интеграции в информационно-аналитические контуры страховых организаций для уточнения расчётов тарифных ставок по катастрофическим рискам, оценки достаточности резервов и определения оптимальных параметров перестраховочных договоров.

Материалы и методы исследований

Теоретической и методологической основой настоящего исследования послужили фундаментальная работа «О предельном распределении максимального члена случайной последовательности» [2], в которой сформулирована теорема 3: «*Класс предельных законов для $F(a_n x + b_n)$, где $a > 0$ и b_n - подходящим образом выбранные константы, содержит только законы типов $\Phi_\alpha(x)$, $\Psi_\alpha(x)$, $\Lambda(x)$*» [2, с. 431]. В соответствии с теоремой Гнеденко, функция распределения максимума $M_n = \max\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ последовательности независимых одинаково распределённых случайных величин при $n \to \infty$ и надлежащей нормировке сходится к обобщённому распределению экстремальных значений (англ. Generalized Extreme Value distribution, GEV), кумулятивная функция которого имеет следующий вид:

$$H_{\xi,\mu,\sigma}(x) = \begin{cases} \exp\left(-\left(1+\xi\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right), & \xi \neq 0, \\ \exp\left\{-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}, & \xi = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $\mu \in \mathbb{R}$ - параметр сдвига, определяющий положение распределения на числовой оси, а $\sigma > 0$ - параметр масштаба, характеризующий разброс значений, а $\xi \in \mathbb{R}$ - параметр формы, также называемый индексом экстремальности. Знак и величина параметра ξ имеют принципиальное значение для экономической интерпретации модели и непосредственно определяют тип предельного распределения в классификации Гнеденко. При $\xi = 0$ предельным распределением является распределение Гумбеля (тип I), характеризующееся экспоненциальным убыванием хвоста и конечностью всех моментов; при $\xi < 0$ имеет место распределение Вейбулла (тип III), обладающее конечной правой границей носителя, что ограничивает максимально возможные значения случайной величины [3], [4], [5]. Наибольший интерес для анализа страховых рисков представляет случай, когда параметр формы $\xi > 0$, соответствует распределению Фреше (тип II) так как в этом случае хвост распределения убывает по степенному закону, что математически выражается в неограниченности моментов высокого порядка - момент порядка k конечен лишь при $k < 1/\xi$. Данное свойство имеет фундаментальное экономическое значение – это то, что страховые убытки, принадлежащие области притяжения распределения Фреше, могут принимать сколь угодно большие значения с ненулевой вероятностью и дисперсия таких убытков может быть бесконечной при $\xi \geq 0.5$, что делает традиционные методы анализа, основанные на выборочной дисперсии, несостоятельными.

Для проведения эмпирической части исследования была сгенерирована синтетическая выборка, имитирующая годовые максимальные

страховые выплаты по портфелю договоров страхования имущества от катастрофических рисков (ураганы, наводнения). Генерация данных осуществлялась в среде VS Code с использованием языка программирования Python и библиотеках NUMPY, SCIPY, MATPLOTLIB и SEABORN. С целью обеспечения принадлежности смоделированной выборки к области притяжения распределения Фреше в качестве базового распределения индивидуальных убытков было выбрано распределение Парето с параметром формы $\alpha = 2.5$, что соответствует умеренно тяжёлому хвосту. Для моделирования изменчивости количества катастрофических событий в течение года использовалось распределение Пуассона с параметром $\lambda = 3$, отражающим среднее число крупных страховых случаев в год и в рамках одного модельного года генерировалось случайное число событий, для каждого из которых разыгрывалась величина убытка из распределения Парето, после чего вычислялся максимальный убыток за год. Процедура повторялась для $n = 50$ лет, что соответствует типичной глубине статистической отчётности, доступной страховым компаниям для анализа катастрофических рисков.

Оценка параметров обобщённого распределения экстремальных значений (μ, σ, ξ) по полученной выборке годовых максимумов производилась методом максимального правдоподобия. Логарифмическая функция правдоподобия для выборки максимумов $x_1, x_2, \dots, x_m$ при $\xi \neq 0$ имеет вид:

$$\ell(\mu, \sigma, \xi) = -m\ln\sigma - (1 + 1/\xi)\sum_{i=1}^{m} \ln\left(1+\xi\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right) - \sum_{i=1}^{m}\left(1+\xi\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)^{-1/\xi} \quad (2)$$

при условии $1 + \xi(x_i - \mu)/\sigma > 0$ для всех $i = 1, \dots, m$. Максимизация данной функции выполнялась численно с использованием алгоритма оптимизации, реализованного в библиотеке SCIPY.STATS. Для проверки адекватности построенной модели применялись графические диагностические методы, включая квантиль-квантильный график (Q-Q plot) эмпирических квантилей годовых максимумов против теоретических квантилей распределения GEV, а также график функции плотности вероятности с наложением эмпирической гистограммы.

Результаты исследования

В результате вычислительного моделирования была получена синтетическая выборка годовых максимальных страховых убытков по портфелю катастрофических рисков за пятидесятилетний период наблюдений, исходные данные модели представлены в таблице 1.

Таблица 1
Смоделированные значения годовых максимумов страховых выплат, млн усл. ден. ед.

Год	Максимальный убыток	Год	Максимальный убыток	...	Год	Максимальный убыток
1	28,90	11	8,19	...	41	7,32
2	12,27	12	6,73	...	42	5,89
3	7,55	13	11,40	...	43	8,24
4	7,91	14	14,88	...	44	12,05
5	7,04	15	9,55	...	45	6,95
6	5,61	16	6,42	...	46	10,33
7	22,19	17	7,77	...	47	9,67
8	7,63	18	13,20	...	48	11,29
9	54,06	19	9,11	...	49	8,51
10	6,62	20	5,99	...	50	14,73

Источник: разработано автором
Примечание к таблице: представлены 20 из 50 значений выборки (все значения не информативны, поэтому чтобы не перегружать таблицу представлены начальные и конечные значения выборки).

Как видно из первых десяти значений выборки (28,90; 12,27; 7,55; 7,91; 7,04; 5,61; 22,19; 7,63; 54,06; 6,62 млн условных денежных единиц), данные демонстрируют значительную вариабельность и наличие резких выбросов, характерных для распределений с тяжёлыми хвостами. Максимальное значение во всей выборке достигает 99,83 млн у.е., минимальное составляет 5,01 млн у.е., что отражает существенный размах колебаний ущерба от катастрофических событий.

Оценка параметров обобщённого распределения экстремальных значений методом максимального правдоподобия дала следующие результаты: параметр сдвига $\hat{\mu} = 8{,}6889$ млн у.е., параметр масштаба $\hat{\sigma} = 5{,}1260$ млн у.е., параметр формы $\hat{\xi} = -0{,}1603$. Наиболее примечательным является отрицательное значение параметра формы, в соответствии с классификацией предельных распределений экстремумов, предложенной Б.В. Гнеденко, отрицательный индекс экстремальности указывает на принадлежность распределения к типу III - распределению Вейбулла. Данный тип характеризуется наличием конечной правой границы носителя, то есть существует некоторое максимально возможное значение убытка $x_F = \mu - \sigma/\xi$, которое не может быть превышено ни при каких обстоятельствах. Для полученных оценок эта граница составляет $x_F = 8{,}6889 - 5{,}1260/(-0{,}1603) \approx 40{,}6$ млн у.е. Иными словами согласно аналитической модели, максимальный годовой убыток по рассматриваемому портфелю катастрофических рисков не может превысить 40,7 млн условных единиц. Невысокое значение верхней границы объясняется спецификой смоделированной выборки так как в пятидесятилетней истории наблюдений лишь один год продемонстрировал экстремально высокий убыток (54,06 млн у.е. в первом году), тогда как остальные максимумы сконцентрированы в диапазоне от 5 до 25 млн у.е. С экономической точки зрения отрицательный параметр формы может интерпретироваться как свидетельство наличия естественных ограничителей величины страхового ущерба, когда страховая сумма по договорам, лимиты ответственности, географическая концентрация застрахованных объектов или эффективные меры предупредительного характера, не позволяющие убыткам расти неограниченно – рисунок 1.

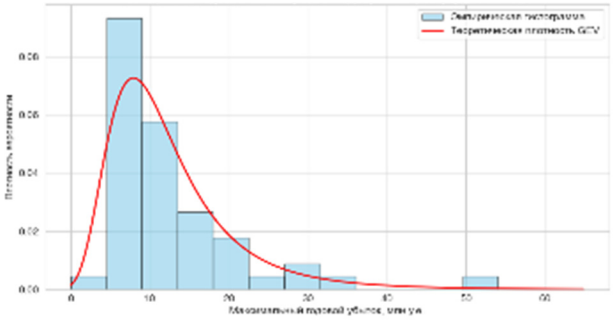


Рис. 1. Гистограмма годовых максимумов и подобранное распределение GEV

На рисунке 1 представлена гистограмма распределения годовых максимумов с наложенной теоретической кривой плотности обобщённого распределения экстремальных значений. Визуальный анализ показывает, что эмпирическое распределение является унимодальным с выраженной положительной асимметрией, а теоретическая плотность GEV достаточно хорошо описывает форму гистограммы, особенно в области наиболее частых значений. Некоторое расхождение наблюдается в правом хвосте, где эмпирическая частота больших убытков оказывается несколько выше, чем предсказывает модель с $\xi < 0$ — это обстоятельство заслуживает особого внимания при практическом применении модели, поскольку недооценка вероятности экстремальных, но всё же возможных событий может привести к занижению требований к рисковому капиталу.

Для более строгой проверки адекватности модели был построен квантиль-квантильный график - рисунок 2.

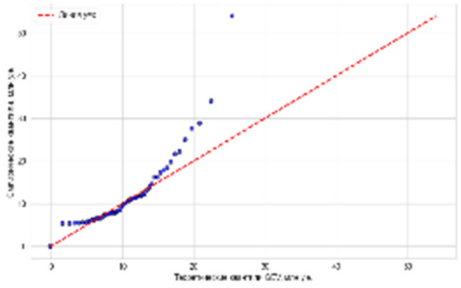


Рис. 2. Q-Q plot для проверки адекватности GEV
Источник: разработано автором

На рисунке 2 по оси абсцисс отложены теоретические квантили распределения GEV с оценёнными параметрами, а по оси ординат - эмпирические квантили, соответствующие выборочным значениям годовых максимумов. Большинство точек на графике располагается вблизи диагональной линии, что свидетельствует о приемлемом согласии между моделью и данными в центральной части распределения, но в области высоких значений (правая верхняя часть графика) заметно отклонение нескольких точек вверх от диагонали, что указывает на то, что модель с

отрицательным параметром формы систематически занижает величину наиболее крупных убытков. Подобная ситуация является важным предупреждением для риск-менеджера: несмотря на формально хорошее согласие в среднем, модель может давать существенную ошибку при прогнозировании редких катастрофических событий.

Количественные оценки риска, рассчитанные на основе параметризованной модели GEV, представлены значениями квантилей для различных периодов повторяемости. Так, максимальный годовой убыток, который не будет превышен с вероятностью 0,98 (период повторяемости 50 лет), составляет 23,56 млн у.е. Для вероятности 0,99 (период 100 лет) эта величина возрастает до 25,37 млн у.е., а для вероятности 0,995 (период 200 лет) - до 26,98 млн у.е. Заслуживает внимания тот факт, что при переходе от 100-летнего к 200-летнему горизонту прогноза увеличение квантиля составляет всего 1,61 млн у.е. (около 6,3%), что является прямым следствием отрицательного параметра формы: хвост распределения убывает быстрее экспоненциального и вероятность сверхэкстремальных значений стремится к нулю по достижении верхней границы носителя.

Наряду с квантилями были вычислены значения Expected Shortfall (ES) - меры риска, характеризующей ожидаемую величину убытка при условии, что его значение превзошло соответствующий квантиль. Для уровня 0,98 ES равен 5,56 млн у.е., для уровня 0,99 - 8,69 млн у.е., для уровня 0,995 - 11,47 млн у.е. Обращает на себя внимание аномально низкое значение ES для уровня 0,98, которое даже меньше соответствующего квантиля. Данный артефакт обусловлен математическими свойствами распределения Вейбулла при отрицательном параметре формы и близости уровня вероятности к единице, при которых формула для ES становится чувствительной к вычислительным погрешностям. С практической точки зрения это указывает на ограниченную применимость стандартных аналитических выражений для ES в случае распределений с $\xi < 0$ и требует либо использования альтернативных методов расчёта (например, имитационного моделирования), либо перехода к более консервативным предположениям о форме хвоста.

Прикладной интерес представляет сопоставление полученных результатов с оценками, вытекающими из традиционной нормальной аппроксимации - квантиль уровня 0,99 для нормального распределения, параметры которого (среднее и стандартное отклонение) были оценены по той же выборке, составил 34,00 млн у.е. Отношение квантиля GEV к нормальному квантилю равно 0,75, то есть модель экстремальных значений даёт на четверть меньшую оценку 100-летнего максимального убытка, нежели наивный нормальный подход. Такой результат является прямым следствием отрицательного параметра формы и наличия конечной верхней границы. В литературе по страхованию катастрофических рисков [6], [7], [8], [9] подобная ситуация нетипична - обычно распределение убытков от ураганов и наводнений принадлежит области притяжения распределения Фреше с $\xi > 0$. И это наглядно демонстрирует важнейшую методологическую проблему применения теории экстремальных значений на практике, когда при малом объёме выборки (50 лет наблюдений) оценка параметра формы крайне неустойчива и может принимать значения, не соответствующие физической природе изучаемого явления, что прямо влияет на эффективность «финансового контроля» [10]. Проведённый вычислительный эксперимент подтвердил принципиальную применимость метода блоковых максимумов и теоремы Гнеденко для экономико-математического моделирования экстремальных страховых выплат.

Заключение

Обосновано, что теорема Б.В. Гнеденко о предельных распределениях экстремумов является адекватной математической основой для анализа максимальных страховых убытков от катастрофических событий, а метод блоковых максимумов в сочетании с обобщённым распределением экстремальных значений предоставляет исследователю гибкий инструментарий для оценки квантилей высоких порядков и периодов повторяемости редких, но потенциально разрушительных событий. Вычислительный эксперимент, выполненный на смоделированной выборке годовых максимумов, продемонстрировал работоспособность предложенной методики и возможность её реализации в стандартной среде программирования с открытым исходным кодом.

Знак параметра формы ξ обобщённого распределения экстремальных значений имеет принципиальное значение для экономической интерпретации риска. Отрицательное значение ξ, полученное в данном эксперименте, указывает на принадлежность к распределению Вейбулла и существование конечной верхней границы возможного ущерба, а столь значительное расхождение между ожидаемым (исходя из экономической природы явления) и фактически оценённым типом распределения является следствием ограниченного объёма выборки (50 лет). Данный факт подтверждает необходимость ответственного отношения к точечным оценкам параметра формы и обязательного привлечения априорной отраслевой информации при принятии управленческих решений.

Сопоставление квантильных оценок, полученных на основе GEV и нормального распределения, показало, что даже при отрицательном параметре формы различия могут быть существенными (в данном случае нормальная аппроксимация дала на 33% более высокую оценку 100-летнего максимума), но в реальных портфелях катастрофических рисков, где параметр формы обычно положителен, игнорирование тяжёлых хвостов приводит к противоположному эффекту - катастрофическому занижению рискового капитала. Это обстоятельство обусловливает высокую практическую значимость внедрения методов теории экстремальных значений в актуарную практику, особенно в свете ужесточения регуляторных требований к платёжеспособности страховщиков.

Практические рекомендации для страховых организаций, вытекающие из проведённого исследования, состоят в следующем: при оценке достаточности резервов и расчёте перестраховочных программ следует в обязательном порядке применять методы теории экстремальных значений, не ограничиваясь нормальной аппроксимацией; при интерпретации параметра формы необходимо учитывать не только статистические оценки, но и содержательное понимание природы страхуемых рисков; целесообразно формировать базы данных отраслевых убытков для получения более устойчивых оценок параметра формы на основе объединённых выборок большего объёма.

Предложенная экономико-математическая модель распределения страховых событий по экстремальным значениям, опирающаяся на фундаментальную теорему Б.В. Гнеденко, представляет собой эффективный инструмент количественной оценки катастрофических рисков и может быть рекомендована к внедрению в практику управления рисками страховых компаний.

Литература

1. Талеб Н.Н. Как поймать "черного лебедя" или не стать его жертвой? / Н.Н. Талеб // Методы менеджмента качества. – 2019. – № 3. – С. 10–15. – EDN YYFBYT.
2. Gnedenko B. Sur la distribution limite du terme maximum d'une serie aleatoire //Annals of mathematics. – 1943. – Т. 44. – №. 3. – С. 423-453.- DOI: 10.2307/1968974.
3. Fisher R.A., Tippett L.H. C. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample //Mathematical proceedings of the Cambridge philosophical society. – Cambridge University Press, 1928. – Т. 24. – №. 2. – С. 180-190.- DOI: 10.1017/S0305004100015681.
4. Gumbel E.J. Statistics of extremes. – Columbia university press, 1958.- DOI: 10.7312/gumb92958-003.
5. Хайруллин В.А. Теория экстремальных значений в оценке долговечности объекта строительства / В.А. Хайруллин, В.Н. Зенцов, Р.Б. Масалимов // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № 4. – EDN ORJGJG.
6. Иризепова М.Ш. Оценка катастрофических рисков в страховании методом Монте-Карло / М.Ш. Иризепова // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 1. – С. 59. – EDN IJIXAL.
7. Анализ вероятности разорения страховой компании от различных видов распределений страховых выплат / Е.М. Лисин, В. Стрелковский, Ю.А. Анисимова, Б.А. Хавкин // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2014. – № 3(29). – С. 181–186. – EDN TGWRUF.
8. Жэньюэ И. Исследование предотвращения и контроля финансовых рисков авиационных предприятий на примере Hainan Airlines Group / И. Жэньюэ // Human Progress. – 2025. – Т. 11, № 1. – DOI 10.46320/2073–4506–2025-1a-21. – EDN DHGBCA.
9. Сикора А.А. Значение концепции VAR в обеспечении оптимизации доходности и рисков корпоративных инвестиционных портфелей / А.А. Сикора // Дискуссия. – 2025. – № 4(137). – С. 20–26. – DOI 10.46320/2077–7639-2025-4-137-20-26. – EDN WBUFPC.
10. Ковалишина К.В. Финансовый контроль в современных условиях: проблемы правопонимания и реализации / К.В. Ковалишина, Е.В. Евсикова // Евразийский юридический журнал. – 2025. – № 4(203). – С. 273–274. – EDN CGUERS.

An economic-mathematical model for the distribution of economic events by extreme values

Baginov I.P., Burlov D.Yu.
Moscow Technical University of Communications and Informatics

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

In the modern economy, the frequency of catastrophic events of various kinds, including man-made and geopolitical ones, is unprecedented. Therefore, the problem of quantitatively

assessing extreme insurance losses is of particular relevance for economic science and practice. Traditional statistical methods focused on the analysis of central tendency and dispersion prove insufficient when modeling extreme events that are exceptionally destructive in their economic magnitude, such as damage from hurricanes, floods, earthquakes, sanctions, etc. This article presents an economic and mathematical model for the distribution of maximum insurance payments based on B.V. Gnedenko's fundamental theorem on three types of limiting distributions of extrema. The objective of the work is to develop and empirically test a methodology for assessing the maximum possible losses of an insurance company using a generalized distribution of extreme values within the framework of the block maximum method. A procedure for generating a synthetic sample simulating a time series of annual maximum insurance payments for a portfolio of catastrophic risks over a fifty-year period is described. This paper presents a methodology for estimating the parameters of a generalized extreme value distribution using the maximum likelihood method. The empirical section presents the results of a computational experiment implemented in VS Code using Python. The shape, scale, and shift parameters of the GEV distribution were estimated, diagnostic plots were constructed to verify the adequacy of the model, and extreme loss quantiles were calculated for return periods of 50, 100, and 200 years. The obtained estimates were compared with those resulting from a normal approximation, demonstrating a catastrophic underestimation of risk capital when ignoring the heavy tails of the distribution. The results confirm the high practical significance of Gnedenko's theorem for actuarial calculations, reserve formation, and reinsurance terms. The conclusions include recommendations for implementing the proposed economic and mathematical model in the risk management system of insurance organizations and outline prospects for further research in the field of multivariate extremes.

Keywords: extreme value theory, Gnedenko theorem, Frechet distribution, generalized extreme value distribution, block maxima, insurance payments, catastrophic risks, heavy tails, economic and mathematical modeling.

References

1. Taleb N.N. How to catch the "black swan" or not become its victim? / N.N. Taleb // Methods of quality management. – 2019. – No. 3. – Pp. 10-15. – EDN YYFBYT.
2. Gnedenko B. Sur la distribution limite du terme maximum d'une serie aleatoire //Annals of mathematics. – 1943. – Vol. 44. – No. 3. – pp. 423-453.- DOI: 10.2307/1968974.
3. Fisher R.A., Tippett L.H. C. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample //Mathematical proceedings of the Cambridge philosophical society. – Cambridge University Press, 1928. – Vol. 24. – No. 2. – pp. 180-190.- DOI: 10.1017/S0305004100015681.
4. Gumbel E.J. Statistics of extremes. – Columbia university press, 1958.- DOI: 10.7312/gumb92958-003.
5. Khairullin V.A. Theory of extreme values in assessing the durability of a construction object / V.A. Khairullin, V.N. Zentsov, R.B. Masalimov // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – Vol. 17, No. 4. – EDN ORJGJG.
6. Irizepova M.S. Assessment of catastrophic risks in insurance by the Monte Carlo method / M.S. Irizepova // Fundamental research. - 2006. – No. 1. – P. 59. – EDN IJIXAL.
7. Analysis of the probability of bankruptcy of an insurance company from various types of insurance benefit distributions / E.M. Lisin, V. Strelkovsky, Yu.A. Anisimova, B.A. Khavkin // Vector of Science of Tolyatti State University. – 2014. – № 3(29). – Pp. 181-186. – EDN TGWRUF.
8. Renyue Yi. A study of the prevention and control of financial risks of aviation enterprises using the example of Hainan Airlines Group / I. Zhenyue // Human Progress. – 2025. – Vol. 11, No. 1. – DOI 10.46320/2073-4506-2025-1a-21. – EDN DHGBCA.
9. Sikora A.A. The importance of the VAR concept in ensuring the optimization of profitability and risks of corporate investment portfolios / A.A. Sikora // Discussion. – 2025. – № 4(137). – Pp. 20-26. – DOI 10.46320/2077-7639-2025-4-137-20-26. – EDN WBUFPC.
10. Kovalishina K.V. Financial control in modern conditions: problems of legal understanding and implementation / K.V. Kovalishina, E.V. Evsikova // Eurasian Law Journal. – 2025. – № 4(203). – PP. 273-274. – EDN CGUERS.

Методика формирования производных геопространственных признаков и построения модели машинного обучения для оценки потенциала локации объектов розничной торговли

Байдин Павел Игоревич
аспирант, кафедра информационных систем и защиты информации, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, baydin.pk@mail.ru,

Шванкин Александр Михайлович
к.т.н., м.н.с., лаборатории ит, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, am.shvankin@yandex.ru

Цель статьи состоит в разработке и апробации методики формирования производных геопространственных признаков и построения модели машинного обучения для оценки потенциала локации объектов розничной торговли.
Методы. Методологическую основу исследования составили систематизация геопространственных характеристик торгового окружения, конструирование признаков, гравитационное преобразование расстояний до объектов инфраструктуры, кластеризация локаций методом K-Means, логарифмическое преобразование целевых переменных, сравнительное обучение алгоритмов машинного обучения и оценка качества прогноза по метрикам MAPE и R^2. Эмпирическая база включает аналитический датасет торговых локаций цветочного ритейла Москвы, содержащий 2 732 наблюдения и 56 переменных.
Результаты. Разработана система из 14 производных геопространственных индексов, отражающих спросовую ёмкость, транзитность, событийность, конкурентную среду и инфраструктурную позицию локации. Сравнение моделей показало преимущество ансамблевых алгоритмов над линейной регрессией; наилучшее качество прогноза обеспечил XGBoost: MAPE на тестовой выборке составил 17,33% по выручке и 18,14% по объёму продаж.
Выводы. Полученные результаты подтверждают, что преобразование исходных геопространственных переменных в экономически интерпретируемые производные индексы позволяет сформировать воспроизводимое признаковое пространство для оценки потенциала локаций и последующего прогнозирования коммерческого результата объектов розничной торговли.
Ключевые слова: геопространственные данные, производные геопространственные признаки, потенциал локации, розничная торговля, машинное обучение, XGBoost, гравитационная функция, геомаркетинг.

Введение

Развитие розничной торговли в крупных городах сопровождается усилением территориальной конкуренции и ростом требований к обоснованности решений о размещении торговых объектов. Ошибки на этапе выбора локации оказывают существенное влияние на выручку, устойчивость покупательского потока и срок окупаемости инвестиций.

Традиционные методы оценки, основанные на экспертных шкалах и ограниченном наборе показателей, остаются применимыми, однако характеризуются субъективностью, низкой воспроизводимостью и неспособностью учитывать нелинейные взаимосвязи факторов спроса, транзитности, конкуренции и инфраструктуры.

Геомаркетинговый подход расширяет аналитические возможности за счёт использования пространственных данных, однако требует преобразования первичных геопоказателей в экономически интерпретируемые признаки, пригодные для машинного обучения. При этом в существующих исследованиях недостаточно разработан этап формирования производных индексов, отражающих потенциал локации.

Цель исследования - разработка и апробация методики формирования производных геопространственных признаков и построения модели машинного обучения для оценки потенциала локации.

Научная новизна заключается в создании системы из 14 производных геопространственных индексов, агрегирующих характеристики городской среды в ключевые компоненты потенциала: спросовую ёмкость, транзитность, событийность, конкурентную среду и инфраструктурную позицию. В отличие от традиционных подходов, предложенная методика обеспечивает содержательную агрегацию признаков и их подготовку для последующего моделирования.

Практическая значимость определяется возможностью применения методики в геоаналитических системах для отбора, сравнения и ранжирования локаций объектов розничной торговли.

Теоретико-методические основы оценки потенциала локации

Теоретической основой исследования выступают классические модели размещения, гравитационные модели торгового притяжения, пространственная эконометрика и подходы к учёту территориальной неоднородности. Они показывают, что коммерческий результат торговой точки зависит не только от расстояния до потребителя, но и от транспортной доступности, структуры спроса, конкурентного окружения и типа городской среды [13; 14; 15; 16].

В работе потенциал локации объекта розничной торговли рассматривается как комплексная характеристика места размещения, отражающая ожидаемую способность локации обеспечивать выручку и объём продаж при типовых условиях функционирования точки. Потенциал формируется взаимодействием спросовой ёмкости, транзитности, событийности, конкурентной среды и инфраструктурной позиции.

Поскольку влияние этих факторов является нелинейным и зависит от типа территории, для оценки потенциала целесообразно использовать методы машинного обучения. При этом ключевое значение имеет не только выбор алгоритма, но и построение признакового пространства: первичные геопространственные переменные должны быть преобразованы в систему производных индексов, сохраняющих экономический смысл факторов локации.

Материалы и методы исследования

Эмпирической базой исследования является датасет торговых точек цветочного ритейла Москвы. Выбор данного сегмента обусловлен высокой зависимостью спроса от пространственных факторов: транспортной доступности, пешеходного и автомобильного трафика, близости к объектам инфраструктуры, событийным точкам и конкурентному окружению.

Итоговая выборка включает 2 732 торговые локации. В качестве целевых переменных используются среднемесячная выручка и среднемесячный объём продаж. Средний чек применяется только как вспомогательный аналитический показатель и не включается в обучающее признаковое пространство во избежание утечки информации.

Признаковое пространство включает 56 переменных, сгруппированных в блоки исходных геопространственных характеристик, производных индексов потенциала локации, служебных переменных и признаков

операционной реализации действующих точек. Часть показателей приведена к регулярной гексагональной сетке H3, что обеспечивает пространственную сопоставимость наблюдений и снижает зависимость анализа от административных границ.

Используемые транзакционные показатели являются агрегированными и обезличенными; персональные данные покупателей и индивидуальные коммерческие показатели организаций в исследовании не раскрываются.

Таблица 1
Структура аналитического датасета

Блок переменных	Содержание	Назначение в модели
Целевые переменные	Среднемесячная выручка, среднемесячный объём продаж	Обучение моделей прогнозирования коммерческого результата
Вспомогательные показатели	Средний чек, городские бенчмарки	Аналитическое описание выборки и контроль качества данных
Локальный спрос	Количество квартир и средний доход домохозяйств в радиусе 500 м и в зоне 10 минут пешком	Оценка резидентного платёжеспособного спроса
Транспортная доступность и трафик	Пешеходный трафик, автомобильный трафик, расстояние до остановок и метро, трафик метро	Оценка транзитности и импульсного спроса
Конкурентная среда	Количество магазинов цветов в радиусе 500 м, расстояние до ближайшего конкурента	Оценка локальной конкурентной нагрузки
Инфраструктура и событийность	Расстояния до ЗАГСов, ресторанов, театров, концертных залов, больниц, роддомов, школ, детских садов, вокзалов, бизнес-центров и других объектов	Оценка событийного, социального, ритуального, транспортного и делового спроса
Признаки операционной реализации	Рейтинг, количество отзывов, возраст точки, размер сети	Характеристика действующих объектов; используется в расширенном эмпирическом контуре модели
Производные индексы	14 авторских индексов, построенных на основе исходных геопространственных признаков	Экономически интерпретируемое описание компонентов потенциала локации

Методика формирования производных геопространственных признаков

Исходный набор геопространственных переменных включает разнородные показатели городской среды: расстояния до инфраструктурных объектов, трафик, характеристики жилой застройки, доходы населения, конкурентное окружение и параметры действующих торговых точек. Их прямое использование в модели ограничено, поскольку такие переменные отражают отдельные свойства территории, но не раскрывают экономическую структуру потенциала локации.

Для решения этой задачи разработана система из 14 производных геопространственных индексов, преобразующих первичные показатели в экономически интерпретируемые характеристики: ёмкость спроса, удельный потенциал торговой зоны, транзитную мощность, событийную насыщенность, транспортную доступность и конкурентное давление.

Конструирование индексов основано на трёх принципах: экономической интерпретируемости, поведенческой релевантности и сопоставимости. Каждый индекс связан с определённым компонентом потенциала локации, отражает реальные мотивы спроса на цветочную продукцию и позволяет привести разнородные пространственные показатели к единой логике анализа.

Индексы с использованием единой гравитационной функции затухания

Для преобразования расстояний до объектов инфраструктуры используется гравитационная функция доступности:

$f(d) = \frac{1000}{d+50}$ #(1) где d - расстояние от торговой точки до ближайшего объекта соответствующего типа, м. Константа 50 м предотвращает деление на ноль и сглаживает экстремальные значения для объектов, расположенных непосредственно рядом с торговой точкой. Чем меньше расстояние до объекта, тем выше значение функции и тем сильнее предполагаемый вклад данного объекта в потенциал локации.

Таким образом, исходные дистанционные признаки преобразуются в сопоставимые показатели доступности и агрегируются в индексы по содержательным группам. Это позволяет учитывать не изолированное расстояние до отдельного объекта, а совокупное влияние инфраструктурного окружения на потенциал локации.

Таблица 2
Производные индексы инфраструктурной доступности

Индекс	Формула расчета	Содержательная интерпретация
Событийный индекс (EI)	$f(d\text{ЗАГС}) + f(d\text{Рест}) \ldots + f(d\text{Театр})$	Близость к объектам, связанным с событийной и праздничной активностью
Ритуально-больничный индекс (RI)	$f(d\text{Кладб.}) + f(d\text{Морг}) + f(d\text{Боль.})$	Близость к объектам ритуальной и медицинской инфраструктуры
Индекс роддомов (MI)	$f(d\text{Роддом})$	Доступность объектов, связанных с поздравительным спросом
Школьно-садовский индекс (SI)	$f(d\text{Школа}) + \cdots f(d\text{Дет. сад})$	Близость к образовательной и детской инфраструктуре
Транспортно-узловой индекс (HI)	$f(d\text{ЖД}) + f(d\text{АЭРО}) + f(d\text{АВТОВОК})$	Близость к крупным транспортным узлам и остановкам общественного транспорта
Доступность бизнес-центров (BC)	$f(d\text{БЦ})$	Близость к деловой инфраструктуре и зонам концентрации офисной активности

Индексы ёмкости спроса и удельного потенциала торговой зоны

Ёмкость торговой зоны 500 м ($\hat{C}_{500}$) - денежный потенциал ближайшего жилого окружения торговой точки:

$$\hat{C}_{500} = N_{\text{кв},500} \times \bar{I}_{500} \#(2)$$

где $N_{\text{кв},500}$ - количество квартир в радиусе 500 м, $\bar{I}_{500}$ - средний доход домохозяйства в том же радиусе (руб./мес.). Единица измерения результирующего индекса - руб., что соответствует совокупному месячному доходу домохозяйств в первичной торговой зоне.

Ёмкость торговой зоны 10 минут пешком ($\hat{C}_{10}$) - аналогичная метрика для расширенной зоны пешей доступности:

$$\hat{C}_{10} = N_{\text{кв},10} \times \bar{I}_{10} \#(3)$$

где $N_{\text{кв},10}$ и $\bar{I}_{10}$ - соответственно число квартир и средний доход в изохроне 10 минут пешком.

Удельный потенциал 500 м (UP_{500}) - доступный спрос на единицу конкурирующего предложения в первичной торговой зоне:

$$UP_{500} = \frac{\hat{C}_{500}}{n_{\text{конк},500} + 1} \#(4)$$

где $n_{\text{конк},500}$ - количество магазинов цветов в радиусе 500 м. Прибавление единицы в знаменателе обеспечивает корректность расчёта при отсутствии конкурентов и одновременно моделирует потенциальный вход анализируемой точки в локальный рынок. Тем самым индекс интерпретируется как объём доступного спроса в расчёте на одного участника локальной конкурентной среды.

Индексы транзитной мощности

Транзитный трафик является ключевым драйвером импульсных покупок в ритейле: значительная доля продаж совершается покупателями, проходящими мимо магазина в рамках своих привычных маршрутов, а не целенаправленно его посещающими [8,9].

$$TI = F_{\text{пеш}} + \gamma \cdot \frac{F_{\text{метро}}}{1 + \left(\frac{d_{\text{метро}}}{100}\right)^2} + 0{,}05 \cdot F_{\text{авто}} \#(5)$$

где $F_{\text{пеш}}$ - пешеходный трафик (чел./мес.), $F_{\text{метро}}$ - трафик ближайшего выхода из метро (чел./мес.), $d_{\text{метро}}$ - расстояние до этого выхода (м), $F_{\text{авто}}$ - автомобильный трафик (авт./мес.), γ - нормировочный коэффициент метро (в базовой спецификации $\gamma = 1$).

Индекс трафикового потенциала учитывает пешеходный поток, пассажиропоток метро с поправкой на расстояние и автомобильный трафик с понижающим коэффициентом. Это позволяет оценить совокупную транзитную способность локации и привести разные типы потоков к сопоставимой шкале.

Индексы на основе классических пространственных моделей

Классические модели размещения используются в исследовании не как готовые прогнозные модели, а как методологическая основа для формирования производных признаков. Теория центральных мест, модель Хаффа и модель конкурентной тени позволяют учесть положение локации в городской системе, её относительную привлекательность и конкурентное давление, но для машинного обучения применяются в виде интерпретируемых геопространственных индексов.

Расстояние до центрального делового района используется как показатель положения локации в городской структуре. Центральный деловой район Москвы операционализирован через координаты историко-

делового центра города, а расстояние до него рассчитывается по формуле Хаверсайна:

$$d_{CBD} = 2R \cdot arcsin\ arcsin \sqrt{sin^2 \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} + cos\ cos\ \varphi_1\ cos\ cos\ \varphi_2 sin^2 \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}} \#(6)$$

где $R = 6371$ км - средний радиус Земли, φ и λ - широта и долгота соответственно. Положительная связь расстояния до CBD с объёмом продаж может отражать специфику жилых районов: удалённые от центра микролокации чаще обслуживают регулярный бытовой спрос, тогда как центральные точки ориентированы на более дорогие, но менее частые покупки**.**

Индекс реализованной привлекательности точки отражает реализованную привлекательность торговой точки с учетом спросового потенциала, сетевого статуса, рейтинга и накопленной пользовательской активности:

$$Huff = UP_{500} \cdot (1 + k_{сеть}) \cdot r \cdot ln\ ln\ (1 + v)\ \#(7)$$

где UP_{500} - удельный потенциал торговой зоны 500 м , $k_{сеть}$ - размер сети, r - рейтинг точки (баллы), v - число отзывов. Логарифмирование числа отзывов используется для сглаживания влияния экстремально больших значений.

Модель конкурентной тени характеризует интенсивность конкурентного давления с учетом количества конкурентов и расстояния до ближайшего из них:

$$CDM = \frac{n_{конк,500}}{\frac{d_{ближ} + 50}{100}} \#(8)$$

где $n_{конк,500}$ - количество конкурентов в радиусе 500 м; $d_{ближ}$ - расстояние до ближайшего конкурента, в метрах. Чем выше значение CDM, тем сильнее конкурентное давление на анализируемую локацию. В отличие от UP_{500}, который отражает доступный спрос на одного участника локального рынка, CDM фиксирует именно пространственную близость и плотность конкурентного окружения.

Таким образом, сформированное расширенное признаковое пространство объединяет исходные геопространственные переменные и производные индексы, отражающие ключевые компоненты потенциала локации: спросовую ёмкость, транзитность, инфраструктурную доступность, событийность и конкурентное окружение. Производные признаки позволяют повысить содержательную интерпретируемость данных и одновременно подготовить их к использованию в моделях машинного обучения.

Архитектура модели и процедура обучения

Архитектура модели основана на последовательном переходе от расширенного геопространственного признакового пространства к сегментации локаций, обучению моделей и прогнозированию двух целевых переменных - среднемесячной выручки и среднемесячного объёма продаж.

Логика построения двухцелевой сегментированной модели машинного обучения представлена на рисунке 1.

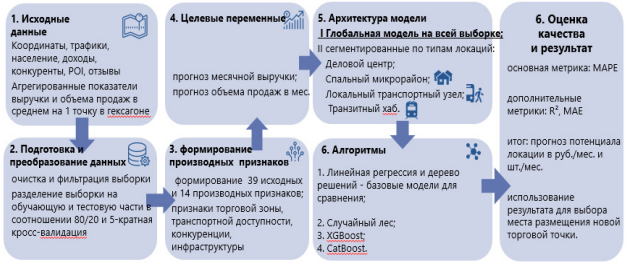


Рисунок 1 - Архитектура двухцелевой сегментированной модели машинного обучения для прогнозирования коммерческого результата торговой точки

Основным прогнозным контуром выступает глобальная модель, прогнозирующая среднемесячную выручку и среднемесячный объём продаж, тогда как сегментный контур используется для учета пространственной неоднородности и интерпретации различий между типами локаций.

Результаты сравнительного обучения моделей

Для прогнозирования выручки и объёма продаж были рассмотрены пять алгоритмов: линейная регрессия, одиночное дерево решений, Random Forest, CatBoost и XGBoost. Линейная регрессия использовалась как базовая модель, позволяющая оценить качество при предположении о линейной связи факторов. Одиночное дерево решений выступало промежуточным сравнительным подходом. Ансамблевые алгоритмы выбраны в качестве основных кандидатов, поскольку они допускают нелинейные взаимодействия и не требуют нормальности распределения признаков.

Таблица 4
Результаты моделирования и качество прогноза

Алгоритм	R^2 (Выручка)	MAPE (R)	R^2 (Продажи)	MAPE (S)
XGBoost	0,536	17,3%	0,606	18,1%
Random Forest	0,511	17,9%	0,567	19,6%
CatBoost	0,507	18,7%	0,552	19,8%
Линейная регрессия	0,198	27,5%	0,201	27,6%

Обсуждение результатов

Предложенная методика отличается от традиционных подходов тем, что использует не только первичные геопространственные переменные, но и систему производных индексов, отражающих экономическое содержание локации. В едином признаковом пространстве объединяются спросовые, транспортные, конкурентные, событийные и инфраструктурные характеристики, что позволяет оценивать локацию как комплексный объект, а не как набор отдельных расстояний и потоков.

Модель имеет двухцелевую архитектуру: отдельно прогнозируются выручка и объём продаж. Это позволяет различать финансовую отдачу локации и интенсивность покупательского спроса. Практическая значимость методики состоит в возможности её применения в геоаналитических платформах для предварительного скрининга адресов, сравнения альтернативных локаций и оценки ожидаемого коммерческого результата.

Ограничением исследования является апробация модели на данных цветочного ритейла Москвы; перенос на другие отрасли и территории требует повторной калибровки модели.

Заключение

В статье разработана и апробирована методика оценки потенциала локации объектов розничной торговли на основе геопространственных данных и методов машинного обучения. На примере цветочного ритейла Москвы сформирована аналитическая база из 2 732 наблюдений и 56 переменных, включающая исходные характеристики городской среды и 14 производных геопространственных индексов.

Показано, что производные индексы позволяют перейти от разрозненных пространственных показателей к экономически интерпретируемым факторам потенциала локации: спросовой ёмкости, транзитности, событийности, конкурентной среде и инфраструктурной позиции.

Сравнение пяти алгоритмов показало наилучшее качество модели XGBoost: MAPE составил 17,33% по выручке и 18,14% по объёму продаж. Полученные результаты подтверждают применимость предложенного подхода для предварительного отбора торговых локаций и разработки геоаналитических сервисов поддержки управленческих решений.

Литература

1. Айдарова А. Ш. Применение алгоритма CatBoost для прогнозирования долгосрочной прибыльности клиентов в e-commerce // Актуальные исследования. 2024. № 40 (222). С. 82–88.

2. Бродецкий Г. Л., Терентьев П. А. Применение метода аналитической иерархии для оптимизации места расположения регионального распределительного центра // Логистика и управление цепями поставок. 2005. № 1 (6). С. 26–28.

3. Герасименко О. А., Тхориков Б. А., Титова И. Н. Геомаркетинговое моделирование — аналитический инструмент планирования бизнеса // Экономика. Информатика. 2020. Т. 47. № 4. С. 710–717.

4. Гринева Н. В., Иванов И. Д., Аблязина Н. Х. Интерпретируемая модель машинного обучения для задачи геоаналитики моделирования размещения торговых точек розничной сети // Инновации и инвестиции. 2023. № 6. С. 327–332.

5. Гринева Н. В., Аблязина Е. А., Иванов В. В. Моделирование товарооборота кофеен на основе пространственных данных // Вестник университета. 2023. № 5. С. 119–128.

6. Гринева Н. В., Топыркин А. Д. Анализ экономической эффективности локаций в сфере торговли и влияния на нее внешних факторов // Экономика. Бизнес. Банки. 2023. Т. 19. № 2. С. 184–196.

7. Демидова О. А. Методы пространственной эконометрики и оценка эффективности государственных программ // Прикладная эконометрика. 2021. Т. 64. С. 107–134.

8. Иванов И. Д., Гринева Н. В. Обзор методов геомаркетинга для выбора оптимального местоположения в розничной торговле // Проблемы экономики и юридической практики. 2025. Т. 21. № 5. С. 165–182.

9. Кузнецов М. А., Кравченя П. Д., Скринкович В. С., Володченков Л. В. Использование геоинформационных систем для анализа привлекательности торговых точек города // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2021. № 3 (55). С. 62–71.

10. Напольская Ю. В. Многофакторный регрессионный анализ и прогнозирование розничных продаж товаров FMCG в офлайн-магазинах с использованием POS-данных // Beneficium. 2024. № 4 (53). С. 49–57.

11. Перевицкая Л. А. Выбор локации новой торговой точки с использованием методов пространственного анализа данных // Шаг в науку. 2023. Т. 4. С. 118–122.

12. Пахомова К. И., Пересунько П. В., Виденин С. А. Прогнозирование выручки предполагаемой торговой точки сети медицинских товаров на основе геоинформационных данных // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6. С. 74–79.

13. Reilly W. J. The Law of Retail Gravitation. New York: Knickerbocker Press, 1931. 75 p.

14. Huff D. L. A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas // Land Economics. 1963. Vol. 39. No. 1. P. 81–90.

15. Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 284 p.

16. Fotheringham A. S., Brunsdon C., Charlton M. Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships. Chichester: Wiley, 2002. 282 p.

17. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. No. 1. P. 5–32.

18. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. P. 785–794.

19. Prokhorenkova L., Gusev G., Vorobev A., Dorogush A. V., Gulin A. CatBoost: unbiased boosting with categorical features // Advances in Neural Information Processing Systems. 2018. Vol. 31. P. 6638–6648.

20. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 4765–4774.

Methodology for forming derived geospatial features and building a machine learning model to assess the location potential of retail facilities

Baydin P.I., Shvankin A.M.
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

Purpose. The purpose of the article is to develop and test a methodology for forming derived geospatial features and building a machine learning model to assess the location potential of retail facilities. **Methods.** The methodological basis of the study includes the systematization of geospatial characteristics of the retail environment, feature engineering, gravitational transformation of distances to infrastructure objects, K-Means clustering of locations, logarithmic transformation of target variables, comparative training of machine learning algorithms, and forecast quality assessment using MAPE and R^2 metrics. The empirical base is an analytical dataset of flower retail locations in Moscow, including 2,732 observations and 56 variables. **Results.** A system of 14 derived geospatial indices was developed, reflecting demand capacity, transit potential, event-related demand, competitive environment, and infrastructural position of a location. The comparison of models showed the advantage of ensemble algorithms over linear regression; XGBoost demonstrated the best forecast quality, with MAPE on the test sample of 17.33% for revenue and 18.14% for sales volume.

Conclusions. The results confirm that transforming primary geospatial variables into economically interpretable derived indices makes it possible to form a reproducible feature space for assessing location potential and forecasting the commercial performance of retail facilities.

Keywords: geospatial data, derived geospatial features, location potential, retail trade, machine learning, XGBoost, gravity function, geomarketing.

References

1. Aidarova A. Sh. Application of the CatBoost algorithm for predicting long-term customer profitability in e-commerce. *Aktualnye issledovaniya*, 2024, no. 40 (222), pp. 82–88.
2. Brodetsky G. L., Terentyev P. A. Application of the analytic hierarchy process for optimizing the location of a regional distribution center. *Logistics and Supply Chain Management*, 2005, no. 1 (6), pp. 26–28.
3. Gerasimenko O. A., Tkhorikov B. A., Titova I. N. Geomarketing modeling as an analytical tool for business planning. *Economics. Information Technologies*, 2020, vol. 47, no. 4, pp. 710–717.
4. Grineva N. V., Ivanov I. D., Ablyazina N. H. Interpretable machine learning model for geoanalytics task of modeling the placement of retail outlets. *Innovations and Investments*, 2023, no. 6, pp. 327–332.
5. Grineva N. V., Ablyazina E. A., Ivanov V. V. Modeling coffee shop turnover based on spatial data. *University Bulletin*, 2023, no. 5, pp. 119–128.
6. Grineva N. V., Topyrkin A. D. Analysis of the economic efficiency of trade locations and the impact of external factors on it. *Economics. Business. Banks*, 2023, vol. 19, no. 2, pp. 184–196.
7. Demidova O. A. Spatial econometric methods and evaluation of the effectiveness of government programs. *Applied Econometrics*, 2021, vol. 64, pp. 107–134.
8. Ivanov I. D., Grineva N. V. Review of geomarketing methods for choosing the optimal location in retail trade. *Problems of Economics and Legal Practice*, 2025, vol. 21, no. 5, pp. 165–182.
9. Kuznetsov M. A., Kravchenya P. D., Skrinkovich V. S., Volodchenkov L. V. The use of geographic information systems to analyze the attractiveness of city retail outlets. *Caspian Journal: Management and High Technologies*, 2021, no. 3 (55), pp. 62–71.
10. Napolskaya Yu. V. Multifactor regression analysis and forecasting of FMCG retail sales in offline stores using POS data. *Beneficium*, 2024, no. 4 (53), pp. 49–57.
11. Perevitskaya L. A. Choosing the location of a new retail outlet using spatial data analysis methods. *Step into Science*, 2023, vol. 4, pp. 118–122.
12. Pakhomova K. I., Peresunko P. V., Videnin S. A. Forecasting revenue of a proposed retail outlet of a medical goods chain based on geoinformation data. *Modern High Technologies*, 2020, no. 6, pp. 74–79.
13. Reilly W. J. *The Law of Retail Gravitation*. New York, Knickerbocker Press, 1931. 75 p.
14. Huff D. L. A probabilistic analysis of shopping center trade areas. *Land Economics*, 1963, vol. 39, no. 1, pp. 81–90.
15. Anselin L. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988. 284 p.
16. Fotheringham A. S., Brunsdon C., Charlton M. *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. Chichester, Wiley, 2002. 282 p.
17. Breiman L. Random forests. *Machine Learning*, 2001, vol. 45, no. 1, pp. 5–32.
18. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2016, pp. 785–794.
19. Prokhorenkova L., Gusev G., Vorobev A., Dorogush A. V., Gulin A. CatBoost: unbiased boosting with categorical features. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2018, vol. 31, pp. 6638–6648.
20. Lundberg S. M., Lee S.-I. A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2017, vol. 30, pp. 4765–4774.

Сравнительный анализ моделей принятия решений: традиционные и основанные на машинном обучении

Варзар Кирилл Олегович
аспирант, Государственный университет управления, s136311@guu.ru

Цифровая трансформация и взрывной рост данных бросают вызов традиционным системам принятия решений, требуя переосмысления классических методологий. В данной статье проводится комплексный сравнительный анализ устоявшихся детерминированных методов и инновационных подходов, основанных на машинном обучении (МО). Автор систематизируют теоретические основы обеих парадигм, раскрывая их философские и методологические различия. В исследовании выделен и детально проанализирован комплекс ключевых критериев для сравнительной оценки: интерпретируемость, адаптивность, масштабируемость, требования к данным, стоимость жизненного цикла внедрения, а также этические и правовые аспекты. Результаты исследования подтверждают, что традиционные алгоритмы, такие как дерево решений, анализ «затраты-выпуск» и методы оптимизации, остаются востребованными в ситуациях, требующих полной прозрачности, детерминированности и стратегического обоснования выбора. В то же время модели машинного обучения, включая ансамблевые методы и глубокие нейронные сети, становятся незаменимым инструментом для прогнозирования в условиях неопределенности, анализа больших массивов структурированной и неструктурированной информации с целью обнаружения скрытых паттернов. В заключении обосновывается перспективность гибридных систем, интегрирующих строгость традиционных методов и прогнозную мощь МО для создания эффективных систем поддержки принятия решений в современной бизнес-среде.

Ключевые слова: принятие решений, машинное обучение, сравнительный анализ, дерево решений, нейронные сети, интерпретируемость, большие данные, гибридные системы.

Процесс принятия решений является основой любой осмысленной человеческой деятельности, от повседневных бытовых выборов до глобальных стратегических инициатив в бизнесе и государственном управлении. Исторически сложилось, что для формализации этого процесса человечество разрабатывало и использовало структурированные модели, уходящие корнями в классическую экономическую теорию, исследование операций и психологию. Эти традиционные модели, такие как SWOT-анализ, матрица Бостонской консалтинговой группы или метод анализа иерархий Томаса Саати, предлагали детализированные рамки для оценки альтернатив в условиях, когда информация была относительно полной, а причинно-следственные связи – более или менее прозрачными [4]. Они отражали инженерный, детерминистический взгляд на мир, стремление к его рациональному упорядочиванию [5].

Традиционные модели принятия решений сформировались в основном в середине XX века и базируются на предпосылке рационального субъекта, стремящегося к максимизации полезности. Их фундаментом служат классические работы таких ученых, как Герберт Саймон, Ирвинг Джанус и Гарри Марковиц [7].

Нормативные модели предписывают, как должно приниматься идеальное решение в условиях полной информации и неограниченных вычислительных способностей [9].

В противовес нормативным, дескриптивные и поведенческие модели описывают, как решения, которые реально принимаются людьми в условиях когнитивных ограничений и неполной информации. Прорывной в этой области стала концепция ограниченной рациональности, предложенная Гербертом Саймоном. Саймон доказал, что в сложных реальных условиях человек ищет удовлетворительный, достаточно хороший вариант. Эта теория положила начало целому направлению исследований, изучающих влияние эвристик и когнитивных искажений на процесс выбора, что блестяще проанализировано в работах Даниэля Канемана и Амоса Тверски [1].

Третью крупную группу составляют модели, основная функция которых – структурирование сложных проблем. Они преобразуют хаотичную проблему в структурированную форму, удобную для анализа. Сюда относятся такие широко известные инструменты, как SWOT-анализ (оценка сильных и слабых сторон, возможностей и угроз), PEST-анализ (изучение политических, экономических, социальных и технологических факторов макросреды) и дерево решений [13].

Таким образом, перейдем к классификации традиционных моделей принятия решений (таблица 1).

Таблица 1
Классификация традиционных моделей принятия решений

Критерий классификации	Тип модели	Ключевые характеристики	Примеры применения
Цель модели	Нормативные	Предписывают рациональный выбор. Требуют полной информации.	Линейное программирование для оптимизации производственного плана. Cost-Benefit Analysis для оценки госпроектов.
	Дескриптивные	Описывают реальное поведение человека. Учитывают когнитивные ограничения.	Модель ограниченной рациональности Саймона. Теория перспектив Канемана-Тверски.
	Структурирующие	Преобразуют сложную проблему в наглядную структуру. Не дают готового ответа.	SWOT-анализ для стратегического планирования. Дерево решений для выбора инвестиционного проекта.
Условия среды	В условиях определенности	Параметры и последствия решений известны точно.	Классическая оптимизация. Матрица выгод.
	В условиях риска	Известны вероятности наступления событий.	Дерево решений с вероятностными оценками.
	В условиях неопределенности	Вероятности событий неизвестны.	Критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица.

Источник: составлено авторам на основе [12]

Таким образом, традиционные модели образуют разнообразный инструментарий, главной объединяющей чертой которого является опора на явную, часто формализуемую логику и высокий уровень контроля со стороны лица, принимающего решение. Их сила – в способности обеспечивать понятное и прозрачное обоснование выбора.

В основе машинного обучения лежит идея о том, что многие задачи, слишком сложные для прямого алгоритмического описания, могут быть решены путем обобщения на примерах [3].

Основным для понимания является разделение моделей МО по типу решаемых задач. Особую мощь показывают ансамблевые методы, такие как случайный лес и градиентный бустинг (XGBoost, LightGBM), которые комбинируют множество простых моделей для получения одного высокоточного прогноза [6].

Обучение без учителя вступает в игру, когда размеченных данных нет, и цель – найти скрытую структуру или аномалии. Наиболее распространенным методом здесь является кластеризация, например, с помощью алгоритма k-средних, который позволяет автоматически сегментировать клиентов на группы со схожим поведением без заранее заданных категорий [8].

Настоящей революцией последнего десятилетия стало глубокое обучение – подраздел МО, использующий глубокие нейронные сети с множеством слоев. Эти модели показали феноменальные результаты в задачах, которые ранее считались прерогативой человека: распознавание изображений и речи, машинный перевод, создание контента и даже игра в сложные игры, такие как Go и Dota 2 [11]. Классификация моделей машинного обучения для принятия решений представлена в таблице 2.

Таблица 2

Классификация моделей машинного обучения для принятия решений

Критерий классификации	Тип модели	Ключевые характеристики	Примеры применения
Тип обучения	С учителем (Supervised)	Обучение на размеченных данных с известным ответом.	Оценка кредитного риска. Прогноз спроса на товар.
	Без учителя (Unsupervised)	Поиск скрытых структур в данных без разметки.	Сегментация клиентов. Визуализация данных.
	С подкреплением (Reinforcement)	Обучение путем взаимодействия со средой и получения наград/штрафов.	Управление роботами, AI для игр, алгоритмы трейдинга.
Сложность модели	Линейные модели	Простота, высокая интерпретируемость, но ограниченная мощность.	Логистическая регрессия для бинарного выбора.
	Ансамбли деревьев	Высокая точность, устойчивость к шуму, средняя интерпретируемость.	Случайный лес, градиентный бустинг для прогнозирования.
	Глубокие нейронные сети	Максимальная мощность, «черный ящик», требуют много данных и вычислительных ресурсов.	Распознавание лиц, генерация текста, беспилотные автомобили.

Источник: составлено авторам на основе [10]

Таким образом, машинное обучение предлагает принципиально иной подход, где решение строится на основе эмпирических данных. Это делает его исключительно мощным инструментом для прогнозирования и нахождения сложных, нелинейных зависимостей, но одновременно порождает новые вызовы, связанные с доверием, контролем и объяснением полученных результатов.

Чтобы перейти от теоретического противопоставления к практическим рекомендациям, необходим детальный сравнительный анализ по ряду ключевых критериев, определяющих выбор той или иной модели в реальных условиях.

Расширенный сравнительный анализ по ключевым критериям представим в таблице 3.

Таблица 3

Расширенный сравнительный анализ по ключевым критериям

Критерий	Традиционные модели	Модели машинного обучения
Философская основа	Рационализм, дедукция, теория.	Эмпиризм, индукция, data-driven подход.
Онтология данных	Малые и средние объемы, структурированные данные, известные причинно-следственные связи.	Большие данные (Volume, Velocity, Variety), допускают неструктурированные данные, фокус на корреляциях.
Интерпретируемость	Высокая. Прозрачная логика, легко объяснима.	Сильно варьируется. От средней (деревья) до крайне низкой (глубокие сети).
Адаптивность	Низкая. Требует ручного пересмотра экспертом.	Высокая. Возможность онлайн-дообучения и автоматической адаптации.
Требования к экспертизе	Экспертиза в предметной области.	Экспертиза в data science, инженерии данных, ML-ops.
Стоимость жизненного цикла	Низкие первоначальные затраты, но постоянные затраты на экспертный труд.	Высокие первоначальные затраты (данные, инфраструктура, кадры), потенциально низкие операционные затраты.
Этические/правовые риски	Предвзятость эксперта, человеческая ошибка.	Смещенные тренировочные данные (bias), «черный ящик», ответственность за решения ИИ.
Область эффективного применения	Стратегическое планирование, решения с долгосрочными последствиями, задачи с требованием прозрачности и подотчетности.	Высокоточное прогнозирование, работа с большими данными, автоматизация рутинных решений, персонализация.

Источник: составлено авторам на основе [10]

Проведенное исследование говорит о том, что дискуссия «традиционные модели против машинного обучения» является в значительной степени бесплодной. Оба подхода являются продуктами своей эпохи и решают разные классы задач, обладая принципиально различными, но взаимодополняющими наборами преимуществ и недостатков.

Настоящее и будущее развития систем принятия решений лежит в их интеллектуальной интеграции. Концепция гибридных систем, где машинное обучение выполняет функцию «радара», сканирующего сложную среду и поставляющего эксперту обогащенные данные и инсайты, а традиционные методы и человеческая экспертиза обеспечивают финальную оценку и принятие ответственного решения, представляется наиболее адекватным ответом на вызовы современности. Таким образом, компетенцией менеджера будущего становится способность к грамотному управлению этим гибридным ансамблем, извлекая максимум из возможностей искусственного и человеческого интеллекта для достижения стратегических целей.

Литература

1. Judgment under uncertainty: heuristics and biases / ed. by D. Kahneman [et al.]. – Cambridge, UK : Cambridge University Press, 1982.
2. Utility and probability / ed. by J. L. Eatwell [et al.]. – London : Macmillan Reference Books, 1990. – (The new Palgrave).
3. Зрелова Д. П., Тятюшкина О. Ю., Ульянов С. В. Введение в глубокое машинное обучение на физически определенных данных – Гамильтоновы / Лагранжевы (физически информированные) нейронные сети // Системный анализ в науке и образовании. 2023. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vvedenie-v-glubokoe-mashinnoe-obuchenie-na-fizicheski-opredelennyh-dannyh-gamiltonovy-lagranzhevy-fizicheski-informirovannye (дата обращения: 10.11.2025).
4. Лифшиц А.С. Предпочтительный инструментарий оценки экономической устойчивости промышленных предприятий // Теоретическая экономика. 2023. №9 (105). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/predpochtitelnyy-instrumentariy-otsenki-ekonomicheskoy-ustoychivosti-promyshlennyh-predpriyatiy (дата обращения: 10.11.2025).
5. Машинное обучение. Паттерны проектирования: Пер. с англ./В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. - СПб.: БХВ-Петербург, 2022. - 448 с.
6. Оксенчук Т. А. Алгоритмы машинного обучения для регрессионного анализа и прогнозирования числовых данных // Вестник науки. 2025. №6 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-mashinnogo-obucheniya-dlya-regressionnogo-analiza-i-prognozirovaniya-chislovyh-dannyh (дата обращения: 10.11.2025).
7. ОТ ОГРАНИЧЕННОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ДО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. Как Герберт Саймон преобразил науку о принятии решений. https://the-tenge.kz/articles/teoriya-prinyatiya-reshenii-saimona (дата обращения: 10.11.2025)
8. Прикладное машинное обучение без учителя с использованием Python. : Пер. с англ. - СПб. : ООО "Диалектика~ 2020. - 432 с.
9. Рахматуллина Ю.А., Юнусова Р.Ф., Яруллин Р.Р. Концепция затраты-выгоды в экономической оценке эффективности инвестиций в государственные проекты // Дискуссия. — 2022. — Вып. 113. — С. 42–50
10. Сидоркина, И. Г., Системы искусственного интеллекта : учебное пособие / И. Г. Сидоркина. — Москва : КноРус, 2024. — 245 с.
11. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие / Ю. А. Степанов,. А. В. Вылегжанина, Л. Н. Бурмин. - Кемерово : КемГУ, 2024.- 102 с.
12. Теория и методы принятия решений : учеб. пособие / А. Р. Донская, А. В. Зубков, Ю. А. Орлова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2024. – 92 с.
13. Теория принятия решений в 2 т. Том 1 : учебник и практикум для вузов / под редакцией В. Г. Халина. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 250 с.

Comparative Analysis of Decision-Making Models: Traditional and Machine Learning-Based

Varzar K.O.
State University of Management

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

Digital transformation and the explosive growth of data are challenging traditional decision-making systems, necessitating a re-evaluation of classical methodologies. This article provides a comprehensive comparative analysis of established deterministic methods and innovative approaches based on machine learning (ML). The authors systematize the theoretical foundations of both paradigms, revealing their philosophical and methodological differences. The study identifies and analyzes in detail a set of key criteria for comparative evaluation: interpretability, adaptability, scalability, data requirements, total cost of ownership, as well as ethical and legal aspects. The results confirm that traditional algorithms, such as decision trees, cost-benefit analysis, and optimization methods, remain relevant in situations requiring full transparency, determinism, and strategic justification of choice. At the same time, machine learning models, including ensemble methods and deep neural networks, are becoming an indispensable tool for forecasting under uncertainty and analyzing large volumes of structured and unstructured information to uncover hidden patterns. In conclusion, the prospects of hybrid systems that integrate the rigor of traditional methods and the predictive power of ML for creating effective decision support systems in the modern business environment are substantiated.

Keywords: decision-making, machine learning, comparative analysis, decision tree, neural networks, interpretability, big data, hybrid systems.

References

1. Judgment under uncertainty: heuristics and biases / ed. by D. Kahneman [et al.]. – Cambridge, UK : Cambridge University Press, 1982.
2. Utility and probability / ed. by J. L. Eatwell [et al.]. – London : Macmillan Reference Books, 1990. – (The new Palgrave).
3. Zrelova, D. P., Tyatyushkina, O. Yu., Ulyanov, S. V. Introduction to Deep Machine Learning on Physically Defined Data: Hamiltonian/Lagrangian (Physics-Informed) Neural Networks. Systems Analysis in Science and Education, 2023, No. 4. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/vvedenie-v-glubokoe-mashinnoe-obuchenie-na-fizicheski-opredelennyh-dannyh-gamiltonovy-lagranzhevy-fizicheski-informirovannye (accessed: November 10, 2025).
4. Lifshits, A. S. Preferred Tools for Assessing the Economic Sustainability of Industrial Enterprises. Theoretical Economics, 2023, No. 9 (105). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/predpochtitelnyy-instrumentariy-otsenki-ekonomicheskoy-ustoychivosti-promyshlennyh-predpriyatiy (accessed: November 10, 2025).
5. Lakshmanan, V., Robinson, S., Munn, M. Machine Learning Design Patterns (trans. from English). Saint Petersburg: BHV-Petersburg, 2022. 448 p.
6. Oksenchuk, T. A. Machine Learning Algorithms for Regression Analysis and Forecasting of Numerical Data. Bulletin of Science, 2025, No. 6 (87). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-mashinnogo-obucheniya-dlya-regressionnogo-analiza-i-prognozirovaniya-chislovyh-dannyh (accessed: November 10, 2025).
7. From Bounded Rationality to Artificial Intelligence: How Herbert Simon Transformed Decision Science. Available at: https://the-tenge.kz/articles/teoriya-prinyatiya-reshenii-saimona (accessed: November 10, 2025).
8. Applied Unsupervised Learning with Python (trans. from English). Saint Petersburg: Dialektika LLC, 2020. 432 p.
9. Rakhmatullina, Yu. A., Yunusova, R. F., Yarullin, R. R. Cost-Benefit Concept in the Economic Evaluation of the Effectiveness of Investments in Public Projects. Discussion, 2022, Issue 113, pp. 42–50.
10. Sidorkina, I. G. Artificial Intelligence Systems: учебное пособие / I. G. Sidorkina. — Moscow: KnoRus, 2024. — 245 p.
11. Stepanov, Yu. A., Vylegzhanina, A. V., Burmin, L. N. Artificial Intelligence Systems: A Textbook. Kemerovo: Kemerovo State University, 2024. 102 p.
12. Donskaya, A. R., Zubkov, A. V., Orlova, Yu. A. Theory and Methods of Decision Making: A Study Guide. Volgograd: Volgograd State Technical University, 2024. 92 p.
13. Khalin, V. G. (ed.). Decision Theory. In 2 volumes. Volume 1: Textbook and Practical Guide for Universities. Moscow: Yurait Publishing, 2024. 250 p.

Технический анализ рынка ценных бумаг

Гришин Станислав Васильевич
аспирант, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», grishin_sv@mail.ru

В данной статье рассматриваются основы технического анализа. В статье описываются принципы, на которых основан технический анализ, а также описано графические представления на рынке ценных бумаг. Целью статьи является исследование технического анализа как универсального инструмента на рынке ценных бумаг.
Ключевые слова: Технический анализ, фондовый рынок, индикаторы, графический метод, линии трендов, свечи, скользящие средние.

Основы технического анализа

Технический анализ – это способ оценки ситуации на финансовом рынке для принятия торговых решений, основанный на выявлении статистических закономерностей движения цен. Технический анализ необходим, в первую очередь, трейдерам, поскольку им не важен сам актив – они зарабатывают на колебаниях цен. Инвесторы тоже пользуются этим методом: например, для определения тенденций, поиска точки входа и т.д.

Технический анализ основан на постулатах, которые вывел Чарльз Доу в XIX веке [1]. В его теории было 6 постулатов, но выделяют только 3, как самые основные.

1. Рынок учитывает всё, или «всё уже в цене». Технический анализ в противоположность фундаментальному исходит из мысли, что нельзя учесть все факторы, которые могут повлиять на финансовые результаты и биржевую цену. Но это и не нужно, поскольку биржевая цена уже есть итог отражения всех влияющих факторов. На рынке действует большое количество участников. Они отслеживают отчетности, так или иначе оценивают финансовые результаты, имеют свое видение на будущее, что-то знают, чего не знают другие, и т. д. Сумма действий всех этих участников приводит к тому, что сделки на бирже проходят именно по текущим ценам, а не по каким-то другим [2]. Под этой суммой действий и подразумевается, что «всё уже в цене».
2. Движение цен подчинено трендам. Отдельное изменение цен может быть случайно, однако их совокупность за определенный промежуток времени способна создать тенденцию – направление, в котором какое-то время будет двигаться рынок. Существует несколько основных трендов в техническом анализе:

– восходящий тренд (бычий) – когда цена устойчиво движется вверх, несмотря на коррекции в пути, при этом каждый новый максимум выше предыдущего и каждый новый минимум выше предыдущего;

– нисходящий тренд (медвежий) – здесь всё наоборот, каждый новый максимум ниже предыдущего и каждый новый минимум ниже предыдущего;

– боковой тренд (флэт) – когда цена колеблется в узком коридоре без явного направления.

3. История повторяется. На основе анализа исторических данных можно спрогнозировать динамику изменения цен, поскольку модели поведения игроков на рынке могут повторяться. Доу говорил, что рынком управляют эмоции, в первую очередь – страх и жадность. Человеческая психология неизменна на протяжении веков. Считается, что именно поэтому графические фигуры, которые впервые использовали японские торговцы рисом в 18 веке, отлично работают и на графиках современных акций. Трейдеры подсознательно действуют одинаково в похожих ситуациях, формируя узнаваемые паттерны [3].

Виды технического анализа

Существует два основных вида технического анализа: графический и индикаторный.

Графический метод – это метод технического анализа, основанный на выявлении тенденций и признаков изменения цены непосредственно на ценовом графике. В основе графического метода как раз и лежит правило «История повторяется». Наблюдая за графиком цены, трейдеры заметили, что перед значительными изменениями в динамике цены на графике можно заметить характерные фигуры, или паттерны. Эти фигуры получили определенные названия, и появление их на графике должно означать, что, вероятнее всего, цена дальше будет двигаться так, как чаще всего двигается после прохождения таких фигур.

На рисунке 1 представлен линейный график, как один из простейших примеров графиков. Линейный график – это изогнутая линия, которая соединяет цены закрытия торгов (или цену окончания другого периода – например, десяти минут или одного месяца). Максимальные и минимальные цены в течение торгового периода линия не отображает.

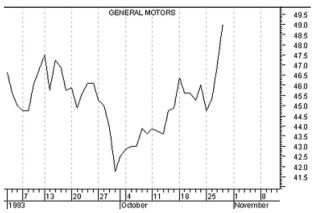


Рисунок 1. *Линия курса компании General □otors*

Столбиковый график или график в виде баров показывает цену открытия, максимум, минимум и цену закрытия. Это самый распространенный тип графика, применяемый в анализе ценных бумаг [4]. Элементом такого графика служит бар – вертикальная линия, изображающая отдельный торговый период. Верх линии – максимальная цена за период, низ линии – минимальная цена за период. Цена открытия обозначается короткой отметкой слева на отрезке бара, а цена закрытия обозначается короткой отметкой справа на отрезке бара. Пример столбикового графика представлен на рисунке 2.

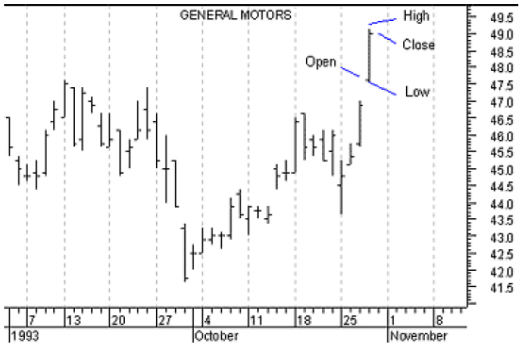


Рисунок 2. *Пример столбикового графика компании General Motors*

Существует также представление графиков в виде свечей. Это график, указывающий итоговые цены, максимальные и минимальные цены торгового периода, а также цену открытия. Элементом такого графика является так называемая свеча, или японская свеча. Биржевая свеча визуально похожа на двустороннюю свечу. Верхний конец фитиля такой свечи – это максимальная за период цена, а кончик нижнего фитиля свечи – это минимум. Фитиль свечи называют тенью. Разница с баром проявляется в отображении цены открытия или закрытия. Цены открытия и закрытия совпадают с нижним и верхним концами тела свечи. Если цена закрытия выше цены открытия, то тело свечи изображается либо прозрачным, либо зеленым. Если цена закрытия ниже цены открытия, то тело свечи либо просто закрашивается, либо красится красным цветом [5].

Помимо графического вида есть индикаторный, в основе которого лежат технические индикаторы. По сути, это математические алгоритмы, значения которых дают сигналы к определённым ситуациям на рынке. Они позволяют формализовать процесс технического анализа и снизить влияние субъективных факторов. Отображаются или в одном окне с ценовым графиком, или в виде отдельного графика-осциллятора в отдельном окне.

Все индикаторы делятся на две основные группы:

– Трендовые индикаторы. Они используются для определения направления и силы тренда, эффективны на рынках с явно выраженным движением. Ключевой недостаток – запаздывание сигналов.

– Осцилляторы. Работают в ограниченном диапазоне значений и помогают определять развороты. Основная сила – дают прогнозы на будущее. Наиболее полезны в периоды бокового движения, когда трендовые индикаторы могут давать ложные сигналы. Из недостатков – недостаёт чувствительности к текущему тренду.

Выделим самые популярные индикаторы в техническом анализе:

1. Скользящие средние – это средняя цена бумаги за определенный период. Традиционно скользящее среднее используется для наблюдения за изменением цен. Если цена выше скользящей средней – тренд восходящий, ниже – нисходящий. Если скользящая средняя пересекла ценовой график, это может быть сигналом к развороту тренда.

2. Индекс относительной силы RSI (Relative Strength Index). Осциллятор, измеряющий скорость и изменение ценовых движений. Если значение RSI выше 70, скорее всего, актив перекуплен, высока вероятность коррекции вниз. Если ниже 30 – актив перепродан, высока вероятность отскока вверх. RSI часто подаёт сигналы о развороте раньше, чем они становятся видны на графике цены.

3. Скользящая средняя конвергенции MACD (Moving Average Convergence Divergence). Индикатор MACD вычисляют как разность между 12 и 26дневным скользящими средними цены бумаги. Полученная величина может быть, как выше, так и ниже нуля. Если MACD выше нуля значит, 12дневное скользящее среднее больше 26дневного. Это бычий сигнал, указывающий на то, что текущие ожидания (т.е. 12дневное скользящее среднее) имеют более ярко выраженный бычий характер по сравнению с предыдущими ожиданиями (т.е. 26дневным скользящим средним). Это говорит о бычьем смещении линий спроса/предложения. Если MACD падает ниже нуля – значит 2 дневное скользящее среднее уступает 26дневному, и произошло медвежье смещение линий спроса/предложения.

Заключение

Подводя итог выше сказанному, можно сказать что не стоит рассматривать технический анализ как совершенный инструмент прогнозирования рыночных тенденций. Безусловно у него есть свои плюсы – универсальность, отсутствие необходимости в понимании макроэкономики, а также четкие правила и принципы. Но у него есть и минусы:

– Большинство индикаторов (особенно трендовых) являются запаздывающими. Они подтверждают факт, который уже произошёл. К моменту получения сигнала часть движения может быть упущена.

– Субъективность. Один и тот же график два разных аналитика могут интерпретировать по-разному. Один увидит фигуру «Голова и плечи», другой – просто коррекцию перед продолжением роста.

– Сигнал может стать самоисполняющимся пророчеством. Иногда паттерны срабатывают только потому, что их замечают и действуют соответствующе слишком много трейдеров. Это может пустить трейдера по ложному следу.

– Уязвимость к новостям. Ни один технический анализ не спасёт от обвала при внезапной публикации важных новостей (решение ФРС по ставке, банкротство банка, теракт).

– Теханализ не подходит для выбора крепких активов в портфель инвестора, потому что ничего не говорит об эффективности и перспективах бизнеса.

Таким образом, важно трезво оценивать ситуацию на рынке и возможности технического анализа.

Литература

1. Теория Доу URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Теория_Доу) (дата обращения: 07.04.2026).
2. Технический анализ: что надо знать каждому инвестору URL: https://www.rbc.ru/quote/news/training/5eccfb359a794725e25bd3c5 (дата обращения: 07.04.2026).
3. Как проводят технический анализ URL: https://sbersova.ru/sections/invest/kak-provodyat-tekhnicheskij-analiz (дата обращения: 07.04.2026).
4. Технический анализ от А до Я / Стивен Б. Акелис, 2010. – 279 с.
5. 3 вида биржевых графиков: как их читать и использовать при инвестировании URL: https://sbersova.ru/sections/invest/3-vida-birzhevykh-grafikov-kak-ikh-chitat-i-ispolzovat-pri-investirovanii (дата обращения: 07.04.2026).

Technical analysis of the securities market

Grishin S.V.
Moscow University of Finance and Industry "Synergy"

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article discusses the basics of technical analysis. The article describes the principles on which technical analysis is based, as well as describes graphical representations on the securities market. The purpose of the article is to study technical analysis as a universal tool in the securities market.

Keywords: Technical analysis, stock market, indicators, graphical method, trend lines, candlesticks, moving averages.

References

1. Dow Theory (URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Теория_Ду) (Accessed: 04/07/2026).
2. Technical Analysis: What Every Investor Needs to Know (URL: https://www.rbc.ru/quote/news/training/5eccfb359a794725e25bd3c5 (Accessed: 04/07/2026).
3. How to Conduct Technical Analysis (URL: https://sbersova.ru/sections/invest/kak-provodyat-tekhnicheskij-analiz (Accessed: 04/07/2026).
4. Technical Analysis from A to Z / Stephen B. Akelis, 2010. – 279 p.
5. 3 types of stock charts: how to read them and use them when investing URL: https://sbersova.ru/sections/invest/3-vida-birzhevykh-grafikov-kak-ikh-chitat-i-ispolzovat-pri-investirovanii (accessed: 07.04.2026).

Анализ динамических моделей взаимодействия экономических систем

Губарева Елена Алексеевна
к. ф.-м. н., доцент, Государственный университет управления,

Для описания развития экономических систем можно использовать динамические модели, для количественного и качественного анализа которых применяется математический аппарат теории дифференциальных уравнений. Применение различных методов исследования систем дифференциальных уравнений позволяет получить разбиение фазовой плоскости на траектории и (или) построить интегральные кривые развития экономической системы. Это в свою очередь даёт возможность определения диапазона выбора управляющих параметров, которые смогут обеспечить достижение требуемой цели развития.

Ключевые слова. Динамическая модель, дифференциальное уравнение, фазовая траектория, управляющий параметр, начальное состояние.

Исследование любой экономической системы состоит в проведении анализа её развития и (или) выбора оптимального режима функционирования. Формализация динамики системы обычно приводит к необходимости решения дифференциальных уравнений (одного или нескольких). Это позволяет для количественного и (или) качественного анализа перспектив развития использовать математический аппарат теории дифференциальных уравнений [1]. Анализ, проведённый с использованием теории дифференциальных уравнений, даёт представление о разбиении фазовой плоскости на траектории и (или) о поведении интегральных кривых, что в свою очередь обеспечивает знанием о перспективах развития экономической системы в зависимости от её начального состояния и выбора управляющих параметров [2].

Анализ моделей, формализация которых приводит к необходимости решения одного дифференциального уравнения обычно основывается на результатах построения интегральных кривых [2, 3, 4]. Если формализация динамической модели приводит к системе дифференциальных уравнений, то на первый план выходит построение фазового портрета (фазовых траекторий) этой системы [2, 3, 4], а построение интегральных кривых обычно является следствием его анализа [2, 3].

Количественный анализ чаще предполагает аналитическое решение системы дифференциальных уравнений. Для этого могут применены как аналитические, так и численные методы. При этом дальнейший анализ полученного решения осуществляется за счёт исследования полученных траекторий развития (в первом случае) или путём численных экспериментов (во втором случае).

Для проведения качественного анализа [1, 2, 4] обычно достаточно определить характер поведения фазовых траекторий, особенно таких как положения равновесия, предельные циклы, незамкнутые кривые, сепаратрисы. Различают две основные задачи. Первая состоит в исследовании поведения фазовых траекторий в окрестности положений равновесия системы (локальная задача). Она может быть решена по первому приближению (линейному) в окрестности точки равновесия. Если необходимо установить структуру разбиения всей фазовой плоскости на траектории (глобальная задача), то на основе дальнейшего исследования фазовых траекторий всей экономической системы можно определить поведение интегральных кривых, описывающих развитие каждой из её составляющих. Для большинства моделей глобальную задачу можно решить, используя метод изоклин и (или) первый интеграл системы. Для моделей, которые описываются системой линейных дифференциальных уравнений, решить глобальную задачу можно, используя такие понятия математики, как собственные значения и собственные векторы матрицы системы [4]. Аналогичный подход может быть использован и для решения локальной задачи, так как линейное приближение приводит к необходимости решения системы линейных дифференциальных уравнений.

Например, как известно [2, 4], динамика основных производственных фондов двух секторов экономики задаётся системой двух линейных дифференциальных уравнений,

$$\begin{cases} \dfrac{dK_1}{dt} = sr_1K_1 - m_1K_1, \\ \dfrac{dK_2}{dt} = (1-s)r_1K_1 - m_2K_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{dK_1}{dt} = (sr_1 - m_1)K_1, \\ \dfrac{dK_2}{dt} = (1-s)r_1K_1 - m_2K_2, \end{cases} \quad (1)$$

где $K_1(t)$ – объём основных производственных фондов производства средств производства, $K_2(t)$ – объём основных производственных фондов производства предметов потребления, r_1 и r_2 – соответствующие коэффициенты фондоотдачи. Предполагается, что вся продукция первого сектора r_1K_1 идёт на развитие производства обоих секторов, в то время как вся продукция второго сектора r_2K_2 идёт на потребление. То есть при норме капиталовложений s $(0 \le s \le 1)$ в первый сектор объёмы инвестиций в секторы равны sr_1K_1 и $(1-s)r_1K_1$ соответственно.

Исследование развития секторов в зависимости от их начальных состояний и выбора управляющего параметра (нормы капиталовложений s) подробно изложено в работах автора [4, 5, 6]. Исследование строилось на основе фактов о зависимости фазового портрета системы двух

линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами от собственных значений матрицы системы [1, 4]. Здесь мы только напомним, что в рассматриваемой модели матрица системы (1) имеет вид

$$\begin{pmatrix} sr_1 - m_1 & 0 \\ (1-s)r_1 & -m_2 \end{pmatrix},$$

а её собственные значения $\lambda_1 = -m_2$ и $\lambda_2 = sr_1 - m_1$ находятся из уравнения:

$$\det(A - \lambda E) = 0 \Leftrightarrow \det\begin{pmatrix} sr_1 - m_1 - \lambda & 0 \\ (1-s)r_1 & -m_2 - \lambda \end{pmatrix} = 0 \Leftrightarrow (sr_1 - m_1 - \lambda)(-m_2 - \lambda) = 0.$$

Так как одно из собственных значений (λ_1) всегда отрицательно, то структура фазового портрета будет зависеть только от второго собственного значения. То есть от соотношения величин sr_1 и m_1.

На основе проведённого анализа [4,5,6] был определён диапазон для выбора управляющего параметра s : $\frac{m_1}{r_1} < s < 1 - \frac{m_2 K_{20}}{r_1 K_{10}}$, который гарантирует постоянный рост производственных фондов как первого, так и второго секторов. Из неравенства видно, что верхняя граница диапазона выбора параметра s зависит от начального состояния секторов, а это значит, что таких значений s может не существовать. Более «мягкое» условие выбора параметра s ($\frac{m_1}{r_1} < s$) будет обеспечивать постоянный рост производственных фондов первого сектора, на фоне которого производственные фонды второго сектора сначала будут убывают, а потом перейдут в стадию постоянного роста.

В рассмотренной выше модели одна экономическая система, развитие которой описывается траекторией $K_1(t)$, обеспечивает развитие второй системы $K_2(t)$.

В следующей модели описывается другой характер взаимодействия двух экономических систем, развитие которых описывается траекториями $V(t)$ (первая подсистема) и $U(t)$ (вторая подсистема). В этом случае первое уравнение системы

$$\begin{cases} \frac{V'}{V} = a(1-U), \\ \frac{U'}{U} = b(V-1) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V' = aV(1-U), \\ U' = bU(V-1) \end{cases} \quad (2)$$

отражает падение темпов роста первой системы при расширении второй, а второе уравнение системы – увеличение темпов роста второй при увеличении уровня развития первой. Эта динамическая модель может быть использована, например, для качественного объяснения возникновения циклов при описании взаимодействия двух подсистем: ВПК (военно-промышленный комплекс) и НХ (народное хозяйство без ВПК), а также при исследовании роли притока иностранных инвестиций в развитие национальной экономики.

Эта система имеет две точки равновесия: $V = 0,\ U = 0$ и $V = 1,\ U = 1$.

Линейное приближение в окрестности первой точки $(0;0)$ приводит к системе:

$$\begin{cases} V' = aV, \\ U' = -bU. \end{cases}$$

Матрица этой системы

$$\begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & -b \end{pmatrix}$$

имеет собственные значения разных знаков: $\lambda_1 = a,\ \lambda_2 = -b$. Это значит, что фазовые траектории в окрестности точки неустойчивого равновесия $(0;0)$ образуют седло [1, 2]. То есть при любых начальных условиях $U(0) = U_0,\ V(0) = V_0$ динамика такова, что траектории развития систем $U(t)$ и $V(t)$ не будут убывать до нуля.

В результате линейного приближения в окрестности второй точки $(1;1)$ приходим к системе:

$$\begin{cases} (V-1)' = -a(U-1), \\ (U-1)' = b(V-1), \end{cases}$$

матрицы которой

$$\begin{pmatrix} 0 & -a \\ b & 0 \end{pmatrix}$$

имеет мнимые собственные значения: $\lambda_{1,2} = \pm i\sqrt{ab}$. Это значит, что фазовые траектории в окрестности этой точки образуют замкнутые кривые, а точка равновесия является их «центром» [1, 2]. Это объясняет возникновение циклов при описанном выше характере взаимодействия двух подсистем.

Глобальную задачу качественного анализа можно решить, если удастся проанализировать взаимосвязь между переменными V и U.

Разделив второе уравнение системы (2) на первое и решив полученное дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными:

$$\frac{U'}{V'} = \frac{bU(V-1)}{aV(1-U)} \Leftrightarrow \frac{dU}{dV} = \frac{bU(V-1)}{aV(1-U)} \Leftrightarrow -\frac{b}{a}\cdot\left(\frac{1}{V} - 1\right)dV = \left(\frac{1}{U} - 1\right)dU,$$

получим первый интеграл этой системы:

$$\frac{b}{a}(V - \ln V) = \ln U - U + C. \quad (3)$$

где C — константа, значение которой зависит от начальных состояний подсистем $U(0) = U_0,\ V(0) = V_0$:

$$C_0 = \frac{b}{a}\cdot(V_0 - \ln V_0) - \ln U_0 + U_0.$$

Полученные уравнения (3) задают на плоскости VoU фазовые траектории системы, определяя неявную связь между переменными $U(t)$ и $V(t)$: $F(U;V) = 0$, где $F(U;V) = \frac{b}{a}(V - \ln V) - \ln U + U + C$.

Чтобы понять, как ведут себя эти траектории, определим расположение их экстремумов и участки их возрастания и убывания.

Чтобы определить местоположение экстремумов решим два уравнения $V' = 0$ и $U' = 0$. Получаем, что стационарные точки функции $V(t)$ соответствую на фазовой плоскости точкам, координаты которых $V = V(t),\ U = 1$, а функции $U(t)$ - $V = 1,\ U = U(t)$. Чтобы определить характер экстремумов, найдём вторые производные:

$$\begin{cases} V'' = aV(a(1-U)^2 - bU(V-1)), \\ U'' = bU(b(V-1)^2 + aV(1-U)). \end{cases}$$

Для стационарных точек функции $V(t)$ вторая производная равна $V'' = -aVb(V-1))$. То есть для точек фазовой плоскости с координатами $V < 1,\ U = 1$ вторая производная положительная, и, значит, такие точки будут соответствовать точкам минимума функции $V(t)$, а для точек фазовой плоскости с координатами $V > 1,\ U = 1$ вторая производная отрицательная, и, значит, это точки соответствуют точкам максимума функции $V(t)$.

Для стационарных точек функции $U(t)$ вторая производная равна $U'' = abU(1-U)$. То есть для точек фазовой плоскости с координатами $V = 1,\ U < 1$ вторая производная положительная, и, значит, такие точки будут соответствовать точкам минимума функции $U(t)$, а для точек фазовой плоскости с координатами $V = 1,\ U > 1$ вторая производная отрицательная, и, значит, это точки соответствуют точкам максимума функции $U(t)$.

Чтобы определить участки возрастания и убывания исследуем знак $\frac{dU}{dV}$, производной неявной функции $F(U;V) = 0$. Поскольку $U(t)$ и $V(t)$ принимают положительные значения, то знак производной определяется знаком дроби $\frac{V-1}{1-U}$.

Исследуем поведение систем в зависимости от их начальных состояний. Если начальное состояние систем таково, что $V_0 > 1,\ U_0 > 1$, то производная отрицательная, а значит уменьшение значения $V(t)$ до 1 за время T_1 (так как $V'(t)$ отрицательная) приводит к увеличению значения $U(t)$. Если $V(T_1) = 1$, то значение $U(T_1)$ будет определяться уравнением $b = a(\ln U - U + C_0)$, которое имеет два корня (больше 1

и меньше 1). Дальнейшее увеличение значения функции $U(t)$ невозможно, так как точка с координатами $V=1,\ U=U(T_1)$ соответствует точке максимума функции $U(t)$. Теперь убывают как $V(t)$ так и $U(t)$, и это происходит до тех пор, пока выполнено условие $V<1,\ U>1$ (производная положительная). К моменту времени T_2 значение функции $U(t)$ уменьшится до 1, а значение функции $V(T_2)$ будет определяться уравнением $b(V-\ln V)=a(C_0-1)$, которое тоже имеет два корня (больше 1 и меньше 1).. Дальнейшее уменьшение значения $V(t)$ невозможно, так как точка с координатами $V=V(T_2),\ U=1$ соответствует точке минимума функции $V(t)$. Теперь $U(t)$ продолжает убывать, а $V(t)$ переходит в состояние роста, и это происходит до тех пор, пока выполнено условие $V<1,\ U<1$ (производная отрицательная). К моменту времени T_3 значение функции $V(t)$ достигнет значения 1, а значение функции $U(T_3)$ будет определяться меньшим корнем уравнения $b=a(\ln U-U+C_0)$. Дальнейшее уменьшение значения $U(t)$ невозможно, так как точка с координатами $V=1,\ U=U(T_3)$ соответствует точке минимума функции $U(t)$. Теперь $V(t)$ продолжает расти, а $U(t)$ переходит в состояние роста, и это происходит до тех пор, пока выполнено условие $V>1,\ U<1$ (производная положительная). К моменту времени T_4 значение функции $U(t)$ увеличится до 1, а значение функции $V(T_4)$ будет определяться большим корнем уравнения $b(V-\ln V)=a(C_0-1)$. Дальнейшее увеличение значения $V(t)$ невозможно, так как точка с координатами $V=V(T_4),U=1$ соответствует точке максимума функции $V(t)$. Теперь $U(t)$ продолжает расти, а $V(t)$ переходит в состояние убывания, и это происходит до тех пор, пока выполнено условие $V>1,\ U>1$ (производная отрицательная). Фазовая кривая замкнулась. Этот циклический процесс будет продолжаться при $t\to\infty$.

Время одного оборота будет зависеть от начального состояния подсистем.

Фазовая траектория системы при любом другом значении константы C_0 (при новых начальных условиях) также будет замкнутой линией, для которых точка с координатами (1;1) является «центром». Это означает, что фазовыми траекториями, описывающими рассматриваемую выше взаимосвязь двух экономических подсистем, является множество непересекающихся замкнутых линий, для которых состояние равновесия (точка с координатами $(1;1)$) является «центром». То есть $U=U(t)$ и $V=V(t)$ являются периодическими функциями, период каждой из которых зависит от начального состояния системы. Напомним, что точка равновесия также является фазовой траекторией системы, которой соответствуют интегральные кривые $U(t)=1$ и $V(t)=1$ соответственно.

В следующей модели рассмотрим взаимодействие двух экономических систем, каждая из которых использует для производства один и тот же рынок ресурсов. Если принять, что уровень развития первой системы описывается траекториями $N_1(t)$, а уровень развития второй - $N_2(t)$, то простейшая модель такого взаимодействия будет иметь вид:

$$\begin{cases}\dfrac{N_1'}{N_1}=m-aF(N_1,N_2),\\[2mm] \dfrac{N_2'}{N_2}=n-bF(N_1,N_2)\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}N_1'=N_1\big(m-aF(N_1,N_2)\big),\\ N_2'=N_2\big(n-bF(N_1,N_2)\big),\end{cases}$$

(4)

где $F(N_1,N_2)$- колличество ресурсов, используемого обеими подсистемами. Здесь коэффициенты a и b (положительные константы) определяют чувствительность экономических систем к нехватке ресурсов, а m и n, тоже положительные константы, - коэффициент прироста в условиях изобилия этих ресурсов. Рассмотрим эту модель при условии, что объём потребляемых ресурсов линейно зависит от уровня развития обеих систем (N_1 и N_2), то есть $F(N_1,N_2)=\alpha N_1+\beta N_2$ ($\alpha\ge 0,\ \beta\ge 0$). Тогда исследуемая система (4) принимает вид:

$$\begin{cases}\dfrac{N_1'}{N_1}=m-a(\alpha N_1+\beta N_2),\\[2mm] \dfrac{N_2'}{N_2}=n-b(\alpha N_1+\beta N_2)\end{cases}\Leftrightarrow\begin{cases}N_1'=N_1\big(m-a\big(\alpha N_1+\beta N_2\big)\big),\\ N_2'=N_2\big(n-b\big(\alpha N_1+\beta N_2\big)\big).\end{cases}$$

(5)

Точки равновесия этой модели взаимодействия двух подсистем будут находится из системы уравнений:

$$\begin{cases}mN_1\left(\dfrac{m}{a}-\big(\alpha N_1+\beta N_2\big)\right)=0,\\[2mm] nN_2\left(\dfrac{n}{b}-\big(\alpha N_1+\beta N_2\big)\right)=0.\end{cases}$$

Если рассматривать случай, когда $\dfrac{n}{b}\ne\dfrac{m}{a}$, то система (5) имеет три состояния равновесия: первое - $N_1=0,\ N_2=0$; второе - $N_1=0,\ N_2=\dfrac{n}{b\beta}$ и третье - $N_1=\dfrac{m}{a\alpha},\ N_2=0$.

В окрестности точки равновесия $N_1=0,\ N_2=0$ система (5) в первом приближении принимает вид

$$\begin{cases}N_1'=mN_1,\\ N_2'=nN_2.\end{cases}$$

Её матрица

$$\begin{pmatrix}m & 0\\ 0 & n\end{pmatrix}$$

имеет собственные значения $\lambda=m,\ \lambda_2=n$. Оба собственных значения положительные, а, значит, рассматриваемая точка равновесия является неустойчивым узлом, то есть все фазовые траетории окрестности расходятся от этой точки.

В окрестности точки равновесия $N_1=\dfrac{m}{a\alpha},\ N_2=0$ система (5) в первом приближении принимает вид

$$\begin{cases}\left(N_1-\dfrac{m}{a\alpha}\right)'=-m\left(N_1-\dfrac{m}{a\alpha}\right)-\dfrac{m\beta}{\alpha}N_2,\\[2mm] N_2'=b\left(\dfrac{n}{b}-\dfrac{m}{a}\right)N_2.\end{cases}$$

Её матрица

$$\begin{pmatrix}-m & -\dfrac{m\beta}{\alpha}\\[2mm] 0 & b\left(\dfrac{n}{b}-\dfrac{m}{a}\right)\end{pmatrix}$$

имеет собственные значения $\lambda=-m,\ \lambda_2=b\left(\dfrac{n}{b}-\dfrac{m}{a}\right)$. Далее будем предполагать, что $\dfrac{n}{b}<\dfrac{m}{a}$, и тогда оба собственных значения отрицательные, а, значит, рассматриваемая точка равновесия является устойчивым узлом, то есть все фазовые траетории окрестности сходятся в эту точку. Это означает, что одна экономическая подсистема (в данном случае вторая) вытесняется другой (в данном случае первой).

В окрестности точки равновесия $N_1=0,\ N_2=\dfrac{n}{b\beta}$ система (4) в первом приближении принимает вид

$$\begin{cases}N_1'=a\left(\dfrac{m}{a}-\dfrac{n}{b}\right)N_1,\\[2mm] \left(N_2-\dfrac{n}{b\beta}\right)'=-\dfrac{n\alpha}{\beta}N_1-n\left(N_2-\dfrac{n}{b\beta}\right).\end{cases}$$

Её матрица

$$\begin{pmatrix}-a\left(\dfrac{n}{b}-\dfrac{m}{a}\right) & 0\\[2mm] -\dfrac{n\alpha}{\beta} & -n\end{pmatrix}$$

имеет собственные значения $\lambda = -n,\ \lambda_2 = -a\left(\frac{n}{b} - \frac{m}{a}\right)$. При условии $\frac{n}{b} < \frac{m}{a}$, собственные значения имеют разные знаки, а значит рассматриваемая точка, точка неустойчивого равновесия, является седлом. Система никогда не достигнет состояния, когда первая экономическая система будет вытеснена второй.

Для решения глобальной задачи, найдём положение экстремумов функций $N_1 = N_1(t)$ и $N_2 = N_2(t)$. Стационарные точки функции $N_1 = N_1(t)$ соответствуют точкам прямой фазовой плоскости, уравнение которой $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{m}{a}$, а стационарные точки функции $N_2 = N_2(t)$ соответствуют точкам прямой фазовой плоскости, уравнение которой $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{n}{b}$. Сразу отметим, что эти прямые параллельны и вторая, при условии $\frac{n}{b} < \frac{m}{a}$, находится ниже первой. Вторые производные исследуемых траекторий имеют вид

$$\begin{cases} N_1'' = N_1\left(m - a\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right)\right)^2 - aN_1\left(\alpha N_1(m - a\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right)) + \beta N_2(n - b\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right))\right), \\ N_2'' = N_2\left(n - b\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right)\right)^2 - bN_2\left(\alpha N_1(m - a\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right)) + \beta N_2(n - b\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right))\right). \end{cases}$$

В стационарных точках функции $N_1 = N_1(t)$ её вторая производная равна $N_1'' = -aN_1\beta N_2(n - b\left(\alpha N_1 + \beta N_2\right))$. Она будет положительной, так как мы рассматриваем точки, для которых $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{m}{a}$, а при условии $\frac{n}{b} < \frac{m}{a}$ выполняется неравенство $\frac{n}{b} < \alpha N_1 + \beta N_2$. Таким образом, на прямой $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{m}{a}$ расположены точки, которые соответствуют точкам минимума интегральных кривых, описывающих развитие первой системы $N_1(t)$.

В стационарных точках функции $N_2 = N_2(t)$ её вторая производная, равная $N_2'' = -bN_2\alpha N_1(m - a\left(N_1 + \beta N_2\right))$, будет отрицательной. Действительно, так как мы рассматриваем точки, для которых $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{n}{b}$, а при $\frac{n}{b} < \frac{m}{a}$ выполняется неравенство $\frac{m}{a} > \alpha N_1 + \beta N_2$. Таким образом, на прямой $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{n}{b}$ расположены точки, которые соответствуют точкам максимума интегральных кривых, описывающих развитие второй системы $N_2 = N_2(t)$.

Теперь можем провести окончательный анализ развития исследуемых экономических систем в зависимости от их начальногых состояний $N_{10} = N_1(0)$ и $N_{20} = N_2(0)$ соответственно, рассматриваем случай, когда $\frac{n}{b} < \frac{m}{a}$.

Если начальные условия таковы, что $\alpha N_{10} + \beta N_{20} < \frac{n}{b}$, то производные первого порядка обеих функций положительные и, следовательно, функции возрастают. В момент времени T_1, когда будет выполнено условие $\alpha N_1(T_1) + \beta N_2(T_1) = \frac{n}{b}$, функция $N_2 = N_2(t)$ достигнет своего максимума и начнёт убывать, а функция $N_1 = N_1(t)$ продолжит возрастать. Функция $N_1(t)$ при $t \to \infty$ будет стремиться к значению $\frac{m}{a\alpha}$, а $N_2 = N_2(t)$ сокращаться до нуля (устойчивое равновесие). Первая система вытесняет вторую, а вся экономическая система стремится к своему устойчивому равновесию.

Если начальные условия таковы, что $\frac{n}{b} < \alpha N_{10} + \beta N_{20} < \frac{m}{a}$, то производная функции $N_1 = N_1(t)$ положительная, а производная функции $N_2 = N_2(t)$ отрицательная. То есть функция $N_2 = N_2(t)$ убывает, а функция $N_1 = N_1(t)$ возрастает. Траектория развития первой системы $N_1(t)$ будет стремиться при $t \to \infty$ к значению $\frac{m}{a\alpha}$, а уровень развития второй системы $N_2 = N_2(t)$ сокращаться до нуля (устойчивое равновесие).

Если начальные условия таковы, что $\frac{m}{a} < \alpha N_{10} + \beta N_{20}$, то производные обеих функций отрицательные и уровень развития обеих систем падает. В момент времени T_2, когда будет выполнено условие $\alpha N_1(T_2) + \beta N_2(T_2) = \frac{m}{a}$, функция $N_1 = N_1(t)$ достигнет своего минимума и начнёт расти, а функция $N_2 = N_2(t)$ продолжит убывать. $N_1(t)$ при $t \to \infty$ всё также будет стремиться к значению $\frac{m}{a\alpha}$, а $N_2 = N_2(t)$ сокращаться до нуля (устойчивое равновесие).

На основе проведённого анализа можно сделать вывод, что при конкуренции двух экономических систем за одни и те же ресурсы при любых начальных условиях остаётся на плаву та экономическая система, у которой отношение ($\frac{a}{n}$ или $\frac{b}{m}$) больше. Она выживает, стабилизируется и полностью вытесняет своего соперника.

Если $\frac{n}{b} = \frac{m}{a}$, то точками равновесия, помимо точки $N_1 = 0,\ N_2 = 0$, являются все точки, для которых выполнено равенство $\alpha N_1 + \beta N_2 = \frac{a}{m}$. В окрестности точек с координатами $(N_1^*; N_2^*)$, для которых выполнено равенство $\alpha N_1^* + \beta N_2^* = \frac{a}{m}$, система (5) принимает вид

$$\begin{cases} (N_1 - N_1^*)' = -a\alpha N_1^*(N_1 - N_1^*) - a\beta N_1^*(N_2 - N_2^*), \\ (N_2 - N_2^*)' = -b\alpha N_2^*(N_1 - N_1^*) - b\beta N_2^*(N_2 - N_2^*). \end{cases}$$

Собственные значения матрицы системы

$$\begin{pmatrix} -a\alpha N_1^* & -a\beta N_1^* \\ -b\alpha N_2^* & -b\beta N_2^* \end{pmatrix}$$

равны: $\lambda = 0$ и $\lambda = -a\alpha N_1^* - b\beta N_2^*$. Имеем устойчивое равновесие. При начальных условиях, таких, что $\alpha N_{10} + \beta N_{20} < \frac{a}{m}$ уровень развития обеих подсистем растёт. При $t \to \infty$ обе экономические подсистемы стремятся к равновесию: $N_1(t) \to N_1^*$, $N_2(t) \to N_2^*$, определённому условием $\alpha N_1^* + \beta N_2^* = \frac{a}{m}$. Если $\alpha N_{10} + \beta N_{20} > \frac{a}{m}$, то уровень развития обеих подситем падает, так же приближаясь к своему состоянию равновесия: $N_1(t) \to N_1^*$, $N_2(t) \to N_2^*$, причём $\alpha N_1^* + \beta N_2^* = \frac{a}{m}$.

Таким образом, получаем, что при конкуренции двух экономических систем, для которых выполняется соотношение $\frac{a}{n} = \frac{b}{m}$, за одни и те же ресурсы при любых начальных условиях обе системы выживают и со временем стабилизируются.

Приведённые выше примеры различных способов взаимодействий двух экономическх систем показывают эффективность применения математического аппарата анализа дифференциальных уравнений (систем уравнений) для определения траекторий развития взаимодействующих экономических систем в зависимости от их начальных состояний, выбора управляющих параметров и поведения конкурента.

Литература

1. Федорюк, М.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения / М.В. Федорюк – М.: Наука, 1985. – 352 с.

2. Лебедев, В.В. Математическое и компьютерное моделирование экономики /В.В. Лебедев, К.В. Лебедев. – М.: НВТ-Дизайн, 2002. – 256 с.

3. Лебедев, В.В. Математическое моделирование нестационарных экономических процессов /В.В. Лебедев, К.В. Лебедев. – М.: НВТ-Дизайн, 2011. – 335 с.

4. Губарева Е.А., Паршикова Г.Ю., Перфильев А.А. Математические методы решения задач экономики. – М.: Манускрипт, 2023. – 132 с.

5. Губарева Е.А. Исследование линейных динамических моделей экономики. Труды XXII Международной научно-практической конференции «Теория и практика экономики и предпринимательства». Симферополь, 24-26 апреля 2025 год / Под ред. проф. Н. В. Апатовой. – Симферополь: Издательский дом КФУ им. В. И. Вернадского, 2025. – С.268-269.

6. Губарева Е.А. Исследование динамических моделей экономики. Исследования и практика в социально-экономической и гуманитарной сфере: сборник статей всероссийской (национальной) научной конференции. (Санкт-Петербург, май 2025) -– СПб.: ГНИИ "Нацразвитие", 2025. – 112 с. С. 74–77.

Analysis of dynamic models of interaction of economic systems

Gubareva E.A.
State University of Management

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

Dynamic models can be used to describe the development of economic systems. The mathematical apparatus of differential equation theory is applied for quantitative and qualitative analysis. The use of various methods for studying systems of differential equations allows for the partitioning of the phase plane into trajectories and/or the construction of integral curves for the development of an economic system. This, in turn, makes it possible to determine the range of control parameters that can ensure the achievement of the desired development goal.

Keywords: Dynamic model, differential equation, phase trajectory, control parameter, initial state.

References

1. Fedoryuk, M.V. Ordinary Differential Equations / M.V. Fedoryuk - Moscow: Nauka, 1985. - 352 p.
2. Lebedev, V.V. Mathematical and Computer Modeling of the Economy /V.V. Lebedev, K.V. Lebedev. - Moscow: NVT-Design, 2002. - 256 p.
3. Lebedev, V.V. Mathematical Modeling of Non-Stationary Economic Processes /V.V. Lebedev, K.V. Lebedev. - Moscow: NVT-Design, 2011. - 335 p.
4. Gubareva, E.A., Parshkova, G.Yu., Perfil'ev, A.A. Mathematical Methods for Solving Economic Problems. - Moscow: Manuscript, 2023. - 132 p.
5. Gubareva E.A. Study of linear dynamic models of the economy. Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference "Theory and Practice of Economics and Entrepreneurship". Simferopol, April 24-26, 2025 / Ed. by prof. N.V. Apatova. - Simferopol: Publishing House of KFU named after V.I. Vernadsky, 2025. - Pp. 268-269.
6. Gubareva E.A. Study of dynamic models of the economy. Research and practice in the socio-economic and humanitarian sphere: collection of articles from the all-Russian (national) scientific conference. (St. Petersburg, May 2025) - St. Petersburg: State Research Institute "NatSrazvitie", 2025. - 112 p. Pp. 74-77.

Применение методов обнаружения сообществ в транзакционных графах к задаче управления стабильностью депозитной базы банка: систематический обзор

Девятаев Дмитрий Николаевич
аспирант, факультет математических, статистических и инструментальных методов в экономике, кафедра Прикладной Математики, Университет «Синергия», dimadevyat@gmail.com,

Киселева Ирина Анатольевна
д-р экон. наук, профессор, Университет «Синергия»

Классические модели управления активами и пассивами (ALM) прогнозируют поведение клиентских остатков на уровне портфелей или отдельных клиентов, не учитывая сетевую структуру взаимодействий между контрагентами. Между тем в телекоммуникациях и социальных сетях давно показано: учёт положения узла в графе существенно повышает точность прогнозирования оттока. *Цель* статьи — систематизировать методы обнаружения сообществ и векторного представления вершин, применимые к задаче управления стабильностью депозитной базы банка, и оценить потенциал их переноса с активов на пассивы. *Методология:* систематический поиск в базах Scopus, Web of Science и eLibrary.ru за 2004–2024 гг.; 31 включённый источник плюс ключевые методологические работы, идентифицированные по snowballing. *Результаты:* рассмотрены классические методы обнаружения сообществ (Louvain, Leiden, Infomap, SBM), методы эмбеддингов (Node2Vec, ProNE, GCN, GAT, VGAE), опыт смежных отраслей (телеком, портфельный менеджмент, цепочки поставок), а также два механизма стабилизации пассивной базы через сетевую структуру — транзакционное замыкание и временна́я диверсификация. *Выводы:* методологическая база зрела, однако работы, применяющие графовые методы к моделированию стабильности депозитной базы, отсутствуют ввиду ограниченного доступа к микроданным; предложен пятишаговый эмпирический пайплайн, охватывающий построение транзакционного графа, оценку эмбеддингов вершин, кластеризацию методом Leiden, расчёт метрик стабильности и каузальный вывод методом PSM.

Ключевые слова: сетевой анализ, обнаружение сообществ, стабильность депозитной базы, транзакционный граф, эмбеддинги графов, банковский риск-менеджмент, каузальный вывод, финансовые сети.

Введение

Суть работы банка заключается в трансформации срочности: он привлекает депозиты до востребования или краткосрочные срочные вклады и выдаёт на их основе долгосрочные кредиты. Депозиты, таким образом, формируют базу фондирования банка. Поскольку кредитные активы имеют бóльшую срочность, банк подвержен риску одновременного востребования средств клиентами — риску ликвидности, реализация которого способна привести к банкротству.

Наглядный пример — Silicon Valley Bank в 2023 году: когда клиенты заподозрили его несостоятельность, массовый вывод средств привёл к дефолту по обязательствам. В российской практике аналогичные ситуации возникали в кризисные периоды 1998, 2014, 2020 и 2022 годов, когда вкладчики стремились изъять средства.

Классическое ALM-моделирование подразумевает прогноз остатков на уровне портфеля или отдельных клиентов с использованием макроэкономических переменных либо индивидуальных признаков. Однако такой подход не учитывает структуру связей между клиентами. Между тем поведение одного клиента способно существенно влиять на его соседей: резкий вывод средств по цепочке может спровоцировать отток у связанных контрагентов. Обратное тоже верно: волатильность остатков отдельного клиента может превышать волатильность всей группы клиентов в совокупности.

Социальные сети, телекоммуникационные компании и сами банки давно применяют графовые методы в задачах борьбы с отмыванием денег и выявлением мошенничества (Leiden, Node2Vec, графовые нейронные сети). Тем не менее эти методы практически не используются для ALM-моделирования и управления пассивной базой.

Примечательно, что аналогичная логика уже давно работает на стороне активов: портфельная теория Марковица и её сетевые расширения [21; 8] показывают, что объединение некоррелированных активов снижает риск портфеля. Musmeci et al. [21] и Clemente et al. [8] обнаружили, что сообщества корреляционного графа активов непосредственно задают границы эффективной диверсификации. Таким образом, идея использования сетевой структуры для управления волатильностью уже апробирована в финансовой отрасли — но исключительно на стороне активов. Данная работа переносит эту логику на сторону пассивов: сообщества в транзакционном графе клиентов банка могут играть ту же роль, что и сообщества в графе корреляций активов. При этом задача качественно иная: банк не выбирает веса клиентов, как инвестор выбирает доли активов, — он наблюдает органически сложившуюся структуру платёжных потоков и оценивает её влияние на устойчивость пассивной базы. Дополнительно формулируется механизм транзакционного замыкания, не имеющий аналога в портфельной теории: если расчёты внутри сообщества замкнуты на один банк, совокупный остаток группы структурно защищён от оттока.

Цель данной работы — систематизировать литературу в банковской отрасли и смежных сферах по существующим методологиям обнаружения сообществ и векторного представления вершин, а также оценить потенциал их переиспользования в задачах управления активами и пассивами.

Материалы и методы

Использован метод систематического обзора литературы. Поиск проводился в базах данных Scopus, Web of Science и eLibrary.ru за период 2004–2024 гг. Поисковые запросы формулировались на русском и английском языках: *«community detection» AND «banking» OR «deposits»*; *«graph embeddings» AND «financial networks»*; *«network analysis» AND «asset-liability management»*; *«transaction graph» AND «stability»*; а также их русскоязычные аналоги. Из первоначально отобранных 214 публикаций после исключения работ, не связанных с финансовыми сетями или методами обнаружения сообществ, в обзор включён 31 источник. Дополнительно привлекались ключевые методологические работы по алгоритмам (Leiden, Node2Vec, GCN/GAT), идентифицированные методом snowballing по спискам литературы отобранных статей. Работ, применяющих методы обнаружения сообществ к моделированию стабильности депозитной базы, не выявлено ни в одной из трёх баз данных. Критерии включения: рецензируемая публикация на русском или английском

языке; тематика — сетевой анализ финансовых, телекоммуникационных, корпоративных или поведенческих графов; наличие методологической или эмпирической составляющей. Критерии исключения: тезисы конференций без полнотекстовой статьи; работы по общей теории графов без приложений; дублирующие публикации одного коллектива.

Литературный обзор

Модели стабильности депозитов. В рамках текущих ALM-подходов, как правило, используются макроэкономические факторы и их стохастическое моделирование. Для прогноза процентных ставок применяются модели Васичека, CIR и другие стохастические модели. Моделирование риска ликвидности строится напрямую, через модели временны́х рядов или на основе квантилей распределения, соответствующих стрессовым сценариям. В любом случае объектом моделирования является либо портфель в целом (с сегментацией по объёму средств или иным признакам), либо отдельный клиент. В российской литературе данное направление представлено работами Киризлеевой [2], предложившей структурную модель ALM для коммерческих банков, и Горелой и Кузнецовой [1], исследовавших детерминанты буфера ликвидности. Оба подхода опираются на агрегированные балансовые показатели и не учитывают сетевую структуру клиентской базы. На момент написания статьи не обнаружено работ, учитывающих графовую структуру взаимодействий при моделировании пассивной базы банка.

Финансовые сети как объект исследования. Boss et al. [7] на данных межбанковского рынка Австрии обнаружили, что распределение числа контрагентов подчиняется степенному закону ($\gamma \approx 2{,}5$), а среднее расстояние между любыми двумя банками составляет около 3–4 шагов. Кроме того, выявлена кластерность связей, превышающая ожидаемую в случайном графе. Iori et al. [15] показали на примере итальянского рынка овернайт, как дефолт одного узла запускает цепочку дефолтов у соседей: ключевым фактором оказывается архитектура связей, а не индивидуальное состояние узла. Soramäki et al. [28] подтвердили данную закономерность на примере платёжной системы Fedwire. Bargigli et al. [5] предложили мультиплексную модель, разграничивающую типы связей: кредиты, платежи и производные финансовые инструменты. Результаты показали, что сообщества, выделяемые в каждом слое, не совпадают между собой: структура межбанковских связей существенно зависит от типа инструмента. Для российского межбанковского рынка Леонидов и Румянцев [3] показали, что структура bow-tie и диссортативность сети определяют нелинейный характер распространения дефолтов, а цепочки заражения обрываются до достижения системного кризиса даже при высокой связности сети.

Методы обнаружения сообществ. Стандартная задача — разбить вершины графа на группы с максимальной плотностью внутригрупповых рёбер. Целевая функция — модулярность Q [22]: авторы предложили сравнивать фактическую плотность рёбер внутри сообщества с ожидаемой при случайном графе той же степенной последовательности, что позволяет выявлять нетривиальную структуру связей. Louvain [6] — один из наиболее популярных алгоритмов: на каждой итерации вершины перераспределяются между группами для повышения модулярности, затем группы сворачиваются в метаузлы и процедура повторяется. Недостаток — возможность получения несвязанных сообществ. Leiden [29] устраняет эту проблему: дополнительный шаг рафинирования гарантирует связность каждого кластера. Альтернативный подход — стохастические блочные модели (SBM), основанные на байесовском выводе [13]. Ещё один вариант — Infomap [27]: алгоритм описывает случайное блуждание по графу кодом минимальной длины.

Из рассмотренных методов в настоящем исследовании выбран Leiden. SBM требует задания числа сообществ заранее и плохо масштабируется на графах с миллионами вершин. Infomap чувствителен к степенному распределению узлов: в присутствии хабов алгоритм склонен поглощать соседние кластеры в один, что нарушает интерпретацию. Louvain лишён формальной гарантии связности, что критично для последующего анализа остатков на уровне сообщества. Leiden устраняет этот недостаток и при этом сохраняет скорость, сопоставимую с Louvain, что позволяет перебирать параметр разрешения γ на графе из 2,6 млн вершин.

Векторные представления вершин. В основе метода Word2Vec [20] лежит обучение на корпусе текстов: каждому слову присваивается вектор так, что близкие по смыслу слова имеют близкие векторы. DeepWalk [23] переносит эту идею на графы: вместо корпуса текстов генерируются пути случайного блуждания от узла к узлу. Node2Vec [14] добавляет два гиперпараметра (p, q), управляющих балансом между локальным и глобальным обходом графа. ProNE [32] использует разреженную матричную факторизацию, что существенно ускоряет вычисления на больших графах.

Графовые нейронные сети — отдельный класс методов. GCN [17] собирает информацию с соседей через линейные свёртки. GAT [30] вводит механизм внимания (attention): вес каждого соседа определяется данными, а не фиксирован. VGAE [16] реализует вариационный автоэнкодер в графовой архитектуре. Kojaku et al. [18] показали, что Node2Vec и GCN кодируют кластерную структуру графа близко к информационно-теоретическому пределу — выбор между ними менее принципиален, чем казалось. Pham и Tran [24] предложили двухшаговый пайплайн: эмбеддинги VGAE плюс кластеризация методом Leiden.

Сводное сравнение рассмотренных методов представлено в таблице 1

Таблица 1

Сравнение методов обнаружения сообществ и эмбеддингов графов

Метод	Класс	Ключевая характеристика	Масштаб
Louvain [6]	Обнаружение сообществ	Жадная оптимизация модулярности; возможны несвязные кластеры	Миллионы узлов
Leiden [29]	Обнаружение сообществ	Гарантирует связность кластеров; параметр разрешения γ	Миллионы узлов
Infomap [27]	Обнаружение сообществ	Кодирует случайное блуждание; не требует задания числа кластеров	Миллионы узлов
SBM [13]	Обнаружение сообществ	Байесовский вывод; устойчив к шуму	Десятки тысяч узлов
Node2Vec [14]	Эмбеддинг	Гиперпараметры p, q управляют балансом локал./глобал. обхода	Миллионы узлов
ProNE [32]	Эмбеддинг	Матричная факторизация; на порядок быстрее Node2Vec	Десятки млн узлов
GCN [17]	Графовая нейросеть	Линейные свёртки по соседям; требует меток для обучения	Сотни тысяч узлов
GAT [30]	Графовая нейросеть	Attention-веса соседей; адаптивен к гетерогенным графам	Сотни тысяч узлов
VGAE [16]	Графовая нейросеть	Вариационный автоэнкодер; обучение без меток	Сотни тысяч узлов
VGAE + Leiden [24]	Комбинированный	Эмбеддинги VGAE + кластеризация Leiden; не фиксирует k	Сотни тысяч узлов

Результаты обзора

По итогам систематического поиска выделено три блока релевантных работ: методы обнаружения сообществ и эмбеддингов (раздел «Литературный обзор»), опыт смежных финансовых отраслей и выявленный исследовательский пробел (ниже).

Опыт смежных отраслей. Наибольший объём эмпирики накоплен в телекоммуникациях. Richter et al. [25] добавили сетевые признаки к стандартным клиентским — точность прогнозирования оттока существенно выросла. Rossetti et al. [26] на данных Skype обнаружили: менее плотные сообщества (с меньшим числом и объёмом внутренних связей) распадаются с большей вероятностью, чем плотные. Dasgupta et al. [9] на данных мобильного оператора установили, что уход контрагентов из окружения клиента повышает его собственный churn-риск на 20–30 п. п. Verbeke et al. [31] уточнили: не только изменение окружения, но и позиция узла в структуре графа существенна — периферийные клиенты уходят с большей вероятностью, чем центральные.

В портфельном менеджменте Musmeci et al. [21] построили граф корреляций активов и применили кластерную структуру для диверсификации: учёт сетевой топологии снижает хвосты распределения потерь. Clemente et al. [8] использовали мультиплексный граф (цена, объём, волатильность — три слоя одновременно) и показали, что это позволяет строить более устойчивые портфели с меньшей корреляцией активов. Ferrara и Ferrazza [11] обнаружили, что банки на стыке двух сообществ транслируют шок из одной группы в другую непропорционально сильно. Li et al. [19] в контексте цепочек поставок установили: перебои в поставках обладают свойством локализации и не распространяются на весь граф, пока не выходят за границы кластера.

Исследовательский пробел. Работ, в которых методы обнаружения сообществ или графовые эмбеддинги применялись бы к депозитной базе банка, не обнаружено. Причина — закрытость данных: для построения транзакционного графа и его сопоставления с динамикой остатков необходим одновременный доступ к обоим массивам, которые банки не раскрывают. Таким образом, методологическая база существует, но эмпирическая проверка отсутствует.

Обсуждение

Два механизма стабилизации пассивов. На основе обзора формулируются два механизма, связывающих структуру сообществ в транзакционном графе с устойчивостью депозитной базы. Оба механизма опираются на логику, известную в портфельной теории, но применяют её к принципиально иному объекту — пассивной базе банка.

Транзакционное замыкание (closure ratio). Если клиенты группы проводят расчёты преимущественно внутри банка, транзакции между клиентами A и B не изменяют совокупный остаток группы: средства перетекают со счёта на счёт, не покидая баланс. Чем выше доля внутренних расчётов, тем устойчивее пассивная база кластера. Этот механизм не имеет аналога в портфельной теории — он специфичен для банковской платёжной инфраструктуры.

Временна́я диверсификация минимумов. Если участники сообщества относятся к разным отраслям с различными операционными циклами, их индивидуальные минимумы приходятся на разные периоды. Тогда минимальный совокупный остаток группы

$$M(C)=\min_t \sum_{i\in C} B_i(t)$$

оказывается выше суммы индивидуальных минимумов

$$S(C)=\sum_{i\in C} \min_t B_i(t).$$

Положительная разность $\Delta(C)=M(C)-S(C)\geq 0$ представляет собой выигрыш от диверсификации — прямой аналог снижения дисперсии портфеля при объединении некоррелированных активов [21].

Эмпирическая проверка предложенных механизмов может быть организована в виде пятишагового пайплайна.

1. Сбор взвешенного транзакционного графа юридических лиц.
2. Оценка эмбеддингов вершин: наиболее вероятные кандидаты — Node2Vec (управляемый баланс локального и глобального обхода) и ProNE (матричная факторизация, на порядок быстрее при сопоставимом качестве); GNN-подходы рассматриваются при наличии узловых признаков.
3. Кластеризация методом Leiden.
4. Расчёт метрик closure ratio и $\Delta(C)$ для каждого сообщества, оценка волатильности совокупного остатка.
5. Каузальный вывод: разность разностей (DID) или подбор пар по склонности (PSM) с поправкой на сетевую интерференцию [12; 4].

Два ключевых исследовательских вопроса: (1) как степень вовлечённости кластера в расчёты внутри банка (closure ratio) влияет на стабильность его пассивной базы; (2) наблюдается ли эффект превышения совокупного минимума группы над суммой индивидуальных минимумов её участников.

Заключение

Проведённый систематический обзор позволяет сформулировать следующие выводы.

Методологическая база для применения графовых методов к управлению пассивами существует и хорошо развита: алгоритмы Leiden и Louvain устойчиво работают на больших графах, Node2Vec обеспечивает масштабируемые эмбеддинги с гибким управлением обходом графа, а двухшаговый пайплайн VGAE + Leiden [24] показал применимость к задачам с неизвестным числом кластеров. Логика диверсификации через сетевые сообщества уже апробирована в портфельном менеджменте [21; 8]; перенос её на сторону пассивов концептуально обоснован, хотя и требует отдельного механизма — транзакционного замыкания, — не имеющего аналога на стороне активов. Между тем ни в одной из трёх проанализированных баз данных не обнаружено работ, применяющих методы обнаружения сообществ к депозитной базе банка: основное препятствие здесь — закрытость транзакционных микроданных, а не методологическая незрелость.

Ограничения обзора: охват ограничен тремя базами данных и периодом 2004–2024 гг.; работы на языках, отличных от русского и английского, не рассматривались; серая литература (отраслевые отчёты, внутренние исследования банков) осталась за пределами поиска.

Практический вклад статьи состоит в формулировке двух проверяемых гипотез и пятишагового эмпирического пайплайна, реализуемого на транзакционных данных одного банка без привлечения внешних источников.

Литература

1. Горелая Н. В., Кузнецова К. Ю. Детерминанты буфера ликвидности коммерческого банка // Корпоративные финансы. — 2017. — № 3. — С. 51–68.
2. Киризлеева А. С. Модель управления активами и пассивами в банках // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. — 2016. — Т. 10, № 4. — С. 47–53.
3. Леонидов А. В., Румянцев Е. Л. Systemic Interbank Network Risks in Russia // arXiv preprint. — 2014. — arXiv:1410.0125.
4. Angrist J.D., Pischke J.-S. Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion. — Princeton University Press, 2009. — 373 p.
5. Bargigli L. et al. The multiplex structure of interbank networks // Quantitative Finance. — 2015. — Vol. 15, No. 4. — P. 673–691.
6. Blondel V.D. et al. Fast unfolding of communities in large networks // Journal of Statistical Mechanics. — 2008. — Vol. 2008, No. 10. — P10008.
7. Boss M. et al. Network topology of the interbank market // Quantitative Finance. — 2004. — Vol. 4, No. 6. — P. 677–684.
8. Clemente G.P. et al. On the Modeling and Simulation of Portfolio Allocation Schemes: an Approach Based on Network Community Detection // Computational Economics. — 2022. — Vol. 62. — P. 969–1005.
9. Dasgupta K. et al. Social ties and their relevance to churn in mobile telecom networks // EDBT. — 2008. — P. 668–677.
10. Dassatti C. et al. Banking on assumptions? How banks model deposit maturities // ECB Working Paper No. 3140. — 2025. — 42 p.
11. Ferrara G., Ferrazza S. Financial contagion in banking networks with community structure // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. — 2022. — Vol. 114. — Art. 106647.
12. Forastiere L. et al. Identification and Estimation of Treatment and Interference Effects in Observational Studies on Networks // Journal of the American Statistical Association. — 2021. — Vol. 116, No. 534. — P. 901–918.
13. Fortunato S. Community detection in graphs // Physics Reports. — 2010. — Vol. 486. — P. 75–174.
14. Grover A., Leskovec J. node2vec: Scalable Feature Learning for Networks // KDD. — 2016. — P. 855–864.
15. Iori G. et al. A network analysis of the Italian overnight money market // Journal of Economic Dynamics and Control. — 2008. — Vol. 32, No. 1. — P. 259–278.
16. Kipf T.N., Welling M. Variational Graph Auto-Encoders // NeurIPS Workshop. — 2016.
17. Kipf T.N., Welling M. Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks // ICLR. — 2017.
18. Kojaku S. et al. Network community detection via neural embeddings // Nature Communications. — 2024. — Vol. 15. — Art. 9446.
19. Li X. et al. Resilience analysis based on multi-layer network community detection of supply chain network // Annals of Operations Research. — 2024. — Vol. 327. — P. 509–533.
20. Mikolov T. et al. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality // NIPS. — 2013. — P. 3111–3119.
21. Musmeci N. et al. Risk diversification: a study of persistence with a filtered correlation-network approach // Journal of Network Theory in Finance. — 2015. — Vol. 1, No. 1. — P. 77–98.
22. Newman M.E.J. Networks: An Introduction. — Oxford University Press, 2018. — 772 p.
23. Perozzi B. et al. DeepWalk: Online Learning of Social Representations // KDD. — 2014. — P. 701–710.
24. Pham T., Tran T. Community Detection Using Deep Learning: Combining VGAE with Leiden and K-Truss // Information. — 2024. — Vol. 15, No. 9. — Art. 568.
25. Richter Y. et al. Predicting customer churn in mobile networks through analysis of social groups // SDM. — 2010. — P. 732–741.
26. Rossetti G. et al. Community-centric analysis of user engagement in Skype social network // ASONAM. — 2015. — P. 25–32.
27. Rosvall M., Bergstrom C.T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure // PNAS. — 2008. — Vol. 105, No. 4. — P. 1118–1123.
28. Soramäki K. et al. The topology of interbank payment flows // Physica A. — 2007. — Vol. 379. — P. 317–333.
29. Traag V.A. et al. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities // Scientific Reports. — 2019. — Vol. 9. — Art. 5233.
30. Veličković P. et al. Graph Attention Networks // ICLR. — 2018.
31. Verbeke W. et al. Social network analysis for customer churn prediction // Applied Soft Computing. — 2014. — Vol. 14. — P. 431–446.

32. Zhang J. et al. ProNE: Fast and Scalable Network Representation Learning // IJCAI. — 2019. — P. 4278–4284.

Application of community detection methods in transaction graphs to bank deposit base stability management: a systematic review

Devyataev D.N., Kiseleva I.A.
Synergy University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

Classical asset-liability management (ALM) models forecast deposit behavior at the portfolio or individual-client level, overlooking the network structure of counterparty interactions. Yet evidence from telecommunications and social networks shows that incorporating a node's graph position substantially improves churn prediction accuracy. *Purpose:* to provide a systematic review of community detection and graph embedding methods applicable to bank deposit base stability management and to assess the potential of transferring these methods from the asset side to the liability side. *Methodology:* systematic search in Scopus, Web of Science, and eLibrary.ru for 2004–2024; 31 studies included, plus key methodological works identified through snowballing. *Results:* the review covers classical community detection algorithms (Louvain, Leiden, Infomap, SBM), embedding methods (Node2Vec, ProNE, GCN, GAT, VGAE), cross-sector experience (telecom, portfolio management, supply chains), and two network-based stability mechanisms — transaction closure and temporal diversification. *Conclusions:* the methodological foundation is mature, yet no studies apply graph methods to deposit base stability modeling, primarily due to limited access to transaction-level microdata; a five-step empirical pipeline is proposed, covering transaction graph construction, vertex embedding estimation, Leiden clustering, stability metric computation, and causal inference via PSM.

Keywords: network analysis, community detection, deposit base stability, transaction graph, graph embeddings, banking risk management, causal inference, financial networks.

References

1. Gorelaya N.V., Kuznetsova K.Yu. Determinanty bufera likvidnosti kommercheskogo banka [Determinants of a Commercial Bank Liquidity Buffer]. *Korporativnye finansy*, 2017, no. 3, pp. 51–68. (In Russ.)
2. Kirizleeva A.S. Model' upravleniya aktivami i passivami v bankakh [Asset and Liability Management Model in Banks]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment*, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 47–53. (In Russ.)
3. Leonidov A.V., Rumyantsev E.L. Systemic Interbank Network Risks in Russia. *arXiv preprint*, 2014, arXiv:1410.0125.
4. Angrist J.D., Pischke J.-S. *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press, 2009, 373 p.
5. Bargigli L. et al. The multiplex structure of interbank networks. *Quantitative Finance*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 673–691.
6. Blondel V.D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics*, 2008, vol. 2008, no. 10, P10008.
7. Boss M. et al. Network topology of the interbank market. *Quantitative Finance*, 2004, vol. 4, no. 6, pp. 677–684.
8. Clemente G.P. et al. On the Modeling and Simulation of Portfolio Allocation Schemes: an Approach Based on Network Community Detection. *Computational Economics*, 2022, vol. 62, pp. 969–1005.
9. Dasgupta K. et al. Social ties and their relevance to churn in mobile telecom networks. *EDBT*, 2008, pp. 668–677.
10. Dassatti C. et al. Banking on assumptions? How banks model deposit maturities. *ECB Working Paper No. 3140*, 2025, 42 p.
11. Ferrara G., Ferrazza S. Financial contagion in banking networks with community structure. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2022, vol. 114, art. 106647.
12. Forastiere L. et al. Identification and Estimation of Treatment and Interference Effects in Observational Studies on Networks. *Journal of the American Statistical Association*, 2021, vol. 116, no. 534, pp. 901–918.
13. Fortunato S. Community detection in graphs. *Physics Reports*, 2010, vol. 486, pp. 75–174.
14. Grover A., Leskovec J. node2vec: Scalable Feature Learning for Networks. *KDD*, 2016, pp. 855–864.
15. Iori G. et al. A network analysis of the Italian overnight money market. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2008, vol. 32, no. 1, pp. 259–278.
16. Kipf T.N., Welling M. Variational Graph Auto-Encoders. *NeurIPS Workshop*, 2016.
17. Kipf T.N., Welling M. Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks. *ICLR*, 2017.
18. Kojaku S. et al. Network community detection via neural embeddings. *Nature Communications*, 2024, vol. 15, art. 9446.
19. Li X. et al. Resilience analysis based on multi-layer network community detection of supply chain network. *Annals of Operations Research*, 2024, vol. 327, pp. 509–533.
20. Mikolov T. et al. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality. *NIPS*, 2013, pp. 3111–3119.
21. Musmeci N. et al. Risk diversification: a study of persistence with a filtered correlation-network approach. *Journal of Network Theory in Finance*, 2015, vol. 1, no. 1, pp. 77–98.
22. Newman M.E.J. *Networks: An Introduction*. Oxford University Press, 2018, 772 p.
23. Perozzi B. et al. DeepWalk: Online Learning of Social Representations. *KDD*, 2014, pp. 701–710.
24. Pham T., Tran T. Community Detection Using Deep Learning: Combining VGAE with Leiden and K-Truss. *Information*, 2024, vol. 15, no. 9, art. 568.
25. Richter Y. et al. Predicting customer churn in mobile networks through analysis of social groups. *SDM*, 2010, pp. 732–741.
26. Rossetti G. et al. Community-centric analysis of user engagement in Skype social network. *ASONAM*, 2015, pp. 25–32.
27. Rosvall M., Bergstrom C.T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure. *PNAS*, 2008, vol. 105, no. 4, pp. 1118–1123.
28. Soramäki K. et al. The topology of interbank payment flows. *Physica A*, 2007, vol. 379, pp. 317–333.
29. Traag V.A. et al. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities. *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, art. 5233.
30. Veličković P. et al. Graph Attention Networks. *ICLR*, 2018.
31. Verbeke W. et al. Social network analysis for customer churn prediction. *Applied Soft Computing*, 2014, vol. 14, pp. 431–446.
32. Zhang J. et al. ProNE: Fast and Scalable Network Representation Learning. *IJCAI*, 2019, pp. 4278–4284.

Гетерогенность каузального эффекта транзакционного замыкания на стабильность депозитной базы банка: анализ по отраслям, регионам и размеру сообществ

Девятаев Дмитрий Николаевич
аспирант, факультет математических, статистических и инструментальных методов в экономике, кафедра Прикладной Математики, Университет «Синергия», dimadevyat@gmail.com,

Киселева Ирина Анатольевна
д-р экон. наук, профессор, Университет «Синергия»

В предшествующей работе автора [1] установлен средний каузальный эффект высокого коэффициента транзакционного замыкания CR(C) ≥ 0,3 на стабильность депозитной базы (ATT δ=+0,085, ATT CV= − 0,029; p<0,001). *Цель* статьи — проверить, однороден ли этот эффект по сегментам клиентской базы, или сосредоточен в отдельных отраслях, регионах и размерных классах. *Методология:* стратифицированный PSM (CATE внутри страт) с формальным тестом однородности Уолда; выборка — 1 397 сообществ, выявленных алгоритмом Leiden (γ=100) в транзакционном графе крупного российского банка; страты заданы по квартилям log|C|, шести ОКВЭД-группам и трём территориальным зонам. *Результаты:* тест Уолда не отвергает однородность ATT по δ ни в одном измерении (p=0,49/0,67/0,92); точечные оценки CATE выявляют содержательные паттерны — эффект CR→ δ концентрируется в оптовой и розничной торговле (ОКВЭД 46: ATT =0,109, ОКВЭД 47: ATT =0,114), в строительстве (ОКВЭД 45: ATT =0,121) и в регионах вне Москвы и Санкт-Петербурга (ATT =0,093), тогда как в Москве он близок к нулю. *Выводы:* усреднённый ATT обобщается на сегменты клиентской базы, что обосновывает его применение в NMD-моделировании; точечные CATE служат прикладными ориентирами для приоритизации сегментов; ограничения — мощность теста при n_C=403 и неоценимость CATE в старшем квартиле размера и в ОКВЭД-группах 49, 68 (нарушение общей области поддержки).

Ключевые слова: CATE, гетерогенность каузального эффекта, стратифицированный PSM, тест Уолда, транзакционное замыкание, стабильность депозитов, управление пассивами, сегментация клиентской базы.

Введение

В предшествующей работе автора [1] установлен средний каузальный эффект высокого коэффициента транзакционного замыкания CR(C) ≥ 0,3 на стабильность остатков сообществ юридических лиц: ATT показателя относительной стабильности $\delta(C)$=+0,085, ATT коэффициента вариации CV(C)= − 0,029 (p<0,001 для обоих исходов). Метод разности разностей (DID) отвергнут вследствие нарушения допущения о параллельных трендах; идентификация строится на сопоставлении по оценке склонности (PSM) при 935 согласованных парах и caliper =0,430. Эти результаты подробно обсуждены в [1].

Для прикладного использования каузальных оценок в управлении пассивами банка (моделирование NMD, дифференцированные ликвидные буферы, сегментация клиентской политики) одного среднего эффекта недостаточно. Принципиальный вопрос, на который настоящая статья отвечает: *однороден ли установленный эффект по сегментам клиентской базы, или он сосредоточен в отдельных отраслях, регионах и размерных классах?*

Содержательные причины ожидать неоднородности: в отраслях с высокой долей внутриотраслевых расчётов (оптовая и розничная торговля, строительство) механизм транзакционного замыкания реализуется структурно и должен давать более сильный эффект; в регионах с высокой диверсификацией контрагентов (прежде всего Москва) замыкание, даже при высоком CR, может не сопровождаться временно́й диверсификацией остатков; для крупнейших сообществ нарушается общая область поддержки PSM, что делает CATE неидентифицируемым.

Настоящая статья решает эти вопросы методом стратифицированного PSM (условные средние эффекты, CATE — conditional average treatment effects) внутри страт по размеру, отрасли и региону, с формальным тестом однородности Уолда. Базовая PSM-спецификация заимствуется из [1] без изменений, что обеспечивает сопоставимость.

Литературный обзор

Методологическая база оценки гетерогенности каузальных эффектов в наблюдательных исследованиях сформирована работами Athey и Imbens [3], предложившими рекурсивное разделение пространства ковариат для оценки CATE с честной кросс-валидацией, и Wager и Athey [11], доказавшими асимптотическую нормальность оценок CATE на каузальных лесах. Эти подходы дают непрерывное моделирование эффекта по ковариатам и контролируют ошибку обобщения, однако требуют значительного объёма данных, особенно в контрольной группе. Альтернативой является классический стратифицированный PSM с формальным тестом однородности на интерактивной линейной модели — подход прозрачен в интерпретации, допускает прямое сопоставление с базовым ATT и применим при умеренных размерах выборки.

Теоретические основания PSM как метода идентификации каузального эффекта в наблюдательных исследованиях заложены работой Rosenbaum и Rubin [9], показавшей достаточность скаляра $e(X)$ для устранения смещения по наблюдаемым ковариатам при выполнении условной независимости. Свойства матчинговых оценок ATT на конечных выборках — состоятельность, скорость сходимости, поправки стандартных ошибок — получены Abadie и Imbens [2], а практические рекомендации по диагностике балансировки и выбору caliper систематизированы Austin [4]. Подробное современное изложение каузального вывода с обзором существующих оценок и идентификационных стратегий — Imbens и Rubin [7].

В прикладной плоскости моделирование стабильности недетерминированных депозитов (NMD, non-maturing deposits) традиционно опирается на временны́е ряды и регрессионные модели волатильности; обзор подходов и допущений, используемых банками еврозоны, дан Dassatti et al. [5], а методологический фундамент управления рисками таких пассивов — Kalkbrener и Willing [8]. Сетевая структура межклиентских платежей в этих моделях не учитывается; настоящая работа и её парная статья [1] восполняют этот пробел путём оценки причинного эффекта внутрисообщественного транзакционного замыкания на стабильность совокупных остатков.

Вопрос интерференции между единицами наблюдения — ключевое допущение SUTVA при оценке причинного эффекта на сетях — рассмот-

рен Forastiere et al. [6]: предложена идентификационная стратегия, разделяющая прямой эффект воздействия и эффект через соседей по графу. В настоящей работе SUTVA принимается как ограничение, а возможные смещения через интерференцию обсуждаются в разделе ограничений. Алгоритм Leiden, использованный для построения базовых сообществ, опирается на работу Traag et al. [10], гарантирующую связность кластеров.

Фреймворк каузального вывода

Базовая PSM-спецификация и CATE

Для каждого сообщества C_i определяется бинарный индикатор воздействия D_i=1[CR(C_i) ≥ 0,3]. Потенциальные исходы — $Y_i(1), Y_i(0)$; наблюдается Y_i=$D_iY_i(1)$+$(1-D_i)Y_i(0)$. Средний эффект воздействия на обработанных:

$$\mathrm{ATT}=E[Y_i(1)-Y_i(0)|D_i=1].$$

Условный средний эффект (CATE) в страте s, определяемой подмножеством значений ковариат X_s:

$$\mathrm{ATT}(s)=E[Y_i(1)-Y_i(0)|D_i=1, X_i\in X_s].$$

Идентификация ATT и ATT(s) опирается на те же три допущения PSM, сформулированные в [1]: условная независимость $(Y_i(0), Y_i(1)) \perp D_i|X_i$, перекрытие $0<P(D_i=1|X_i)<1$ и SUTVA. Для CATE допущения предполагаются выполненными внутри каждой страты.

Выбор стратификационного подхода

Из двух стандартных способов оценки гетерогенности в наблюдательных исследованиях — стратифицированный PSM и методы машинного обучения для CATE (каузальные леса, T/X-learner [11]) — в настоящей работе выбран первый. Причины: прозрачная интерпретация CATE на заданных страт-определениях, возможность прямого сопоставления результатов со средним ATT из [1], применимость формального теста однородности Уолда на интерактивной линейной модели на matched-выборке. Методы каузального леса рассматриваются как направление дальнейших исследований (см. Заключение).

Материалы и методы

Данные

Использованы транзакционные данные крупного российского банка за пять квартальных периодов. Граф юридических лиц построен после фильтрации рёбер с частотой ниже θ=3: $|V|$=2580316, $|E|$=11381437. Алгоритм Leiden при γ=100 выявил 5 314 сообществ; в анализ включены 1 397 сообществ, для которых доступен временно́й ряд совокупного остатка (target_series).

Исходы и индикатор воздействия

Бинарный индикатор воздействия: D_i=1[CR(C_i) ≥ 0,3], где CR(C) — коэффициент транзакционного замыкания (доля внутреннего платёжного оборота сообщества). Распределение: n_T=994 (treatment), n_C=403 (control); медианное CR =0,351.

Исходы: $\delta(C)=M(C)/S(C)$ — показатель относительной стабильности (отношение суммы поузловых минимумов остатков к минимуму суммы); $\mathrm{CV}(C)=\sigma(S)/|\mu(S)|$ — коэффициент вариации совокупного остатка сообщества по периодам. Определения совпадают с [1].

Ковариаты PSM

Ковариаты, заимствованные из [1] без изменений: log|C| (логарифм числа вершин); $\acute{d}(C)$ (средняя степень в подграфе); $H(C)$ (нормированная энтропия Шеннона по ОКВЭД-группам участников). Эти три переменные образуют вектор X_i, определяющий оценку склонности.

Стратификационные переменные

CATE оценивается внутри страт по трём независимым измерениям.

Размер сообщества. Квартили log|C| всей выборки N=1397: Q1 ∈ [4,62; 6,03], Q2 ∈ [6,03; 6,51], Q3 ∈ [6,51; 7,08], Q4 ∈ [7,08; 8,51].

Отраслевая принадлежность. Доминирующая ОКВЭД-группа сообщества определяется как код, к которому относится наибольшая по обороту доля участников. Шесть групп с достаточным числом наблюдений: 46 (оптовая торговля), 47 (розничная торговля), 45 (строительство), 49 (транспорт), 68 (операции с недвижимостью) и сборная категория «Прочие» (остальные коды). Сообщества без явной доминирующей отрасли в стратификацию не включаются.

Территориальная зона. Доминирующий регион сообщества (по доле участников): Москва, Санкт-Петербург, прочие регионы РФ.

Базовая PSM-спецификация

Оценка склонности $\hat{e}(X_i)=\hat{P}(D_i=1|X_i)$ задаётся логит-регрессией:

$$\log\frac{P(D_i=1)}{P(D_i=0)}=\alpha_0+\alpha_1\log|C_i|+\alpha_2\acute{d}(C_i)+\alpha_3H(C_i)+\varepsilon_i.$$

Матчинг — ближайший сосед без возврата в пространстве $\hat{e}$ с caliper =0,430 (≈ 20% от $\sigma(\hat{e})$, по [11]); trimming по области общей поддержки $\hat{e}$ ∈ [0,271; 1,000]. Итог: 1 326 сообществ после trimming, 935 согласованных пар. Полные диагностики балансировки и устойчивость основного ATT даны в [1] и здесь не воспроизводятся; настоящая статья опирается на ту же matched-выборку.

Стратифицированный CATE

В каждой страте s воспроизводится та же процедура: внутри подмножества $\{i: X_i \in X_s\}$ заново оценивается $\hat{e}$, проводится матчинг и считается ATT(s). CATE для исхода Y оценивается как разность средних на матч-подвыборке страты:

$$\hat{\mathrm{ATT}}(s)=\frac{1}{n_T^{(s)}}\sum_{i:D_i=1,X_i\in X_s}(Y_i-Y_{j(i)}),$$

где $j(i)$ — матч-партнёр i. Стандартные ошибки рассчитываются методом гетероскедастичность-консистентной оценки HC3, p-значения — по нормальному приближению.

Тест однородности Уолда

Альтернативная нулевая гипотеза — ATT одинаков по стратам в пределах одного измерения (размер / ОКВЭД / регион). Тест строится как линейная регрессия исхода Y на бинарный индикатор воздействия D, индикаторы страт $1[s=s_k]$ и интерактивные члены $D\cdot 1[s=s_k]$ на полной matched-выборке:

$$Y_i=\beta_0+\beta_1D_i+\sum_{k=2}^{K}\gamma_k\,1[s_i=s_k]+\sum_{k=2}^{K}\tau_k\,D_i\cdot 1[s_i=s_k]+u_i.$$

Совместный F-тест нулевой гипотезы $\tau_2=\cdots=\tau_K=0$ (с HC3-ковариацией) проверяет однородность ATT. Отклонение нулевой гипотезы означает наличие гетерогенности; неотклонение — отсутствие статистически различимых межстратовых отличий при имеющейся мощности.

Условие идентификации CATE

CATE в страте s считается оцениваемым только при выполнении условия общей поддержки: $n_T^{(s)}\geq 30$ и $n_C^{(s)}\geq 30$. При $n_C^{(s)}$<30 матчинг ненадёжен (контрольных наблюдений недостаточно для покрытия области распределения склонностей treated), и страта помечается как «неоценима». Этот порог исключает CATE для Q4 размера и для ОКВЭД-групп 49, 68.

Результаты

CATE по размеру сообщества

Таблица 1

CATE по квартилям размера сообщества (PS□, HC3 SE)

Страта	Диапазон ln |C|	n_T	n_C	$\hat{\delta}$ ATT	$\hat{\delta}$ SE	$\hat{\delta}$ p	$\widehat{\mathrm{CV}}$ ATT	$\widehat{\mathrm{CV}}$ SE
Q1	[4,62; 6,03]	120	209	0,086**	0,030	0,004	0,009	0,015
Q2	[6,03; 6,51]	202	131	0,027	0,026	0,310	−0,018	0,017
Q3	[6,51; 7,08]	294	37	0,042*	0,021	0,045	0,004	0,008
Q4	[7,08; 8,51]	341	8	*Неоценима* (common support нарушен: $n_C=8$)				

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001. Wald F однородности: $\hat{\delta}$: $F(3; 1\,117)=0{,}804$, $p=0{,}492$; $\widehat{\mathrm{CV}}$: $F(3; 1\,117)=2{,}552$, $p=0{,}054$.

Тест Уолда не отвергает однородность ATT по δ (p=0,492); по CV граница значимости (p=0,054), но формально нулевая гипотеза также не отвергается. Точечные оценки концентрируют эффект в малых и средних сообществах: Q1 (+0,086, p=0,004) и Q3 (+0,042, p=0,045). В Q2 ATT не значим, в Q4 — неидентифицируем: matched-контроль из 8 сообществ не покрывает распределения склонностей treated, что является следствием правил формирования крупных кластеров высокого CR в исходном графе.

CATE по ОКВЭД-группам

Таблица 2

CATE по ОКВЭД-группам (PS□, HC3 SE)

ОКВЭД	n_T	n_C	$\hat{\delta}$ ATT	$\hat{\delta}$ SE	$\hat{\delta}$ p	$\widehat{\mathrm{CV}}$ ATT	$\widehat{\mathrm{CV}}$ SE
46 (опт. торговля)	234	186	0,109***	0,024	<0,001	0,013	0,008
47 (розн. торговля)	115	40	0,114**	0,037	0,002	0,028	0,017
45 (строительство)	33	49	0,121*	0,057	0,041	0,009	0,049
49 (транспорт)	75	28	*Неоценима* ($n_C=28$)				
68 (недвижимость)	103	22	*Неоценима* ($n_C=22$)				
Прочие	197	51	−0,047*	0,023	0,039	−0,056***	0,013

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001. Wald F однородности: $\hat{\delta}$: $F(5; 1\,113)=0{,}633$, $p=0{,}674$; $\widehat{\mathrm{CV}}$: $F(5; 1\,113)=0{,}117$,

Тест Уолда уверенно не отвергает однородность ATT ни по δ (p=0,674), ни по CV (p=0,989). Точечные паттерны, однако, содержательны. Положительный эффект CR→ δ концентрируется в торговых и строительных сообществах: ОКВЭД 46 (+0,109, p<0,001), ОКВЭД 47 (+0,114, p=0,002), ОКВЭД 45 (+0,121, p=0,041). Отрицательный ATT в

группе «Прочие» (−0,047, p=0,039; CV −0,056, p<0,001) указывает на то, что в гетерогенных по отрасли сообществах высокий CR не обеспечивает прироста стабильности — более того, сопровождается её снижением. Группы 49 и 68 неидентифицируемы из-за малой контрольной выборки.

CATE по территориальным зонам

Таблица 3

CATE по территориальным зонам (PS□, HC3 SE)

			$\hat{\delta}$			$\widehat{CV}$	
Регион	n_T	n_C	ATT	SE	p	ATT	SE
Москва	168	127	0,008	0,028	0,780	0,019	0,014
Санкт-Петербург	47	49	0,099	0,058	0,093	−0,013	0,023
Прочие регионы	673	207	0,093***	0,013	<0,001	−0,031***	0,006

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001. Wald F однородности: $\hat{\delta}$: $F(2; 1\,119) = 0{,}089$, $p = 0{,}915$; $\widehat{CV}$: $F(2; 1\,119) = 2{,}519$,

Тест Уолда не отвергает однородность ни по одному исходу (p=0,915 для δ, p=0,081 для CV). Точечные паттерны: эффект сосредоточен в регионах вне крупнейших мегаполисов — ATT δ=0,093, ATT CV = − 0,031 (оба p<0,001). В Москве ATT по δ статистически неотличим от нуля (+0,008, p=0,780); в Санкт-Петербурге — положителен и сопоставим по величине с прочими регионами (+0,099), однако не значим (p=0,093) из-за малых выборок (n_T=47, n_C=49).

Сводный итог по гипотезе однородности

По всем шести тестам (δ и CV × три измерения) нулевая гипотеза об однородности ATT не отвергается на уровне 5%. Это позволяет утверждать, что основной результат [1] — ATT δ=+0,085 и ATT CV = − 0,029 — статистически совместим с однородным эффектом по сегментам клиентской базы. Содержательные точечные различия CATE существуют, но мощности теста Уолда при имеющемся размере контрольной группы (n_C=403, делимом на 3–6 страт) недостаточно, чтобы признать их значимыми.

Обсуждение

Интерпретация неотклонения нулевой гипотезы

Все три теста Уолда не отвергают однородность ATT по δ. Содержательно это означает, что у имеющихся данных нет статистически достаточной информации, чтобы утверждать наличие гетерогенности эффекта между квартилями размера, ОКВЭД-группами или территориальными зонами. Ключевая оговорка — именно мощностная: контрольная группа в 403 сообщества при делении на 4–6 страт даёт типичный размер ячейки 50–200 наблюдений, что для Wald-теста с тремя–пятью степенями свободы соответствует ожидаемой β-ошибке ниже стандартного уровня 0,8 для эффектов размером ~ 0,05. Поэтому отсутствие отклонения H_0 корректно интерпретировать как «гетерогенность не доказана», а не как «однородность доказана».

С практической точки зрения такой результат положителен: он означает, что усреднённый ATT из [1] обобщается на базовые сегменты клиентской базы и может использоваться без существенной коррекции. Точечные CATE при этом дают *прикладные ориентиры* для приоритизации сегментов, в которых эффект наиболее выражен.

Содержательные паттерны CATE

Несмотря на формальную неотличимость, точечные оценки воспроизводят интуитивно ожидаемую структуру эффекта.

Отраслевая структура. Положительный ATT концентрируется в сообществах с доминирующей торговой или строительной отраслью (ОКВЭД 46, 47, 45) — секторах с высокой долей внутриотраслевых B2B-расчётов между поставщиками, дистрибьюторами и розничными сетями. Транзакционное замыкание здесь имеет естественную экономическую основу: товарный поток циркулирует внутри отраслевого ядра, а соответствующие платежи остаются в банке. В гетерогенной группе «Прочие» ATT отрицателен (−0,047, p=0,039), что согласуется с гипотезой о случайной природе высокого CR в межотраслевых сообществах: формально замыкающиеся, но не структурно устойчивые расчёты ассоциируются с менее, а не более стабильными остатками.

Территориальная структура. Эффект не выражен в Москве (ATT =0,008, p=0,780) и сосредоточен в регионах вне крупнейших мегаполисов (ATT =0,093, p<0,001). Содержательная интерпретация: московские корпоративные клиенты, как правило, имеют диверсифицированные внебанковские расчётные отношения, и принадлежность к высокозамкнутому сообществу в рамках одного банка отражает лишь часть их платёжной активности. В регионах концентрация банковского обслуживания выше; высокий CR здесь является более полным сигналом замкнутости расчётной экосистемы клиента и потому транслируется в реально наблюдаемую стабильность остатков.

Размерная структура. ATT положителен и значим в Q1 (+0,086) и Q3 (+0,042), не значим в Q2, неоценим в Q4. Профиль не монотонен: значимость Q1 объясняется тем, что в малых сообществах эффект транзакционного замыкания механически выраженнее (доля внутреннего оборота легче доминирует над общим). Q4 (крупнейшие сообщества) выпадает из анализа из-за нарушения общей области поддержки: только 8 контрольных наблюдений с $\log|C|$>7,08 при 341 treated — следствие самой топологии графа, в которой крупные сообщества почти всегда имеют высокий CR.

Применение для управления пассивами

Сочетание неотклонения однородности и точечных CATE позволяет сформулировать дифференцированную операционную рекомендацию. Усреднённый ATT [1] остаётся базой для NMD-моделирования по всему портфелю. Дополнительно: сообщества из ОКВЭД-групп 45–47 в регионах вне Москвы и Санкт-Петербурга — приоритетный сегмент для применения сниженного коэффициента волатильности и для целевой работы по удержанию клиентов. Сообщества категории «Прочие» (без доминирующей отрасли) не получают преимущества от высокого CR и должны оцениваться по стандартным коэффициентам, не зависящим от транзакционного замыкания.

Ограничения

Главное ограничение — мощность Wald-теста при имеющемся n_C=403. Прямое следствие — невозможность статистически отличить однородность от слабо выраженной гетерогенности. Расширение контрольной группы (за счёт ослабления порога CR или объединения нескольких квартальных snapshot'ов) либо переход к непрерывному моделированию CATE через каузальные леса [3, 11] могут устранить это ограничение в дальнейших работах.

Второе ограничение — невозможность оценки CATE для крупнейших сообществ (Q4) и для двух ОКВЭД-групп (49, 68). Это ограничение структурное: оно отражает реальное распределение CR в популяции и не может быть устранено выбором другого матчинга. Содержательный вывод — для соответствующих сегментов рекомендуется использовать средний ATT [1] как нижнюю оценку.

Третье ограничение — допущение SUTVA сохраняет силу, но проявления интерференции через контрагентов вне сообществ могут смещать оценки внутри страт. Модели интерференции на сетях [9] остаются направлением будущей работы.

Заключение

В работе оценена гетерогенность каузального эффекта транзакционного замыкания на стабильность депозитной базы банка методом стратифицированного PSM. Основные выводы:

1. Тест Уолда не отвергает нулевую гипотезу об однородности ATT по показателю относительной стабильности δ ни в одном из трёх измерений (размер: p=0,492; ОКВЭД: p=0,674; регион: p=0,915). Усреднённый ATT [1] статистически совместим с однородным эффектом по сегментам клиентской базы.
2. Точечные оценки CATE содержательны и согласуются с теоретически ожидаемой структурой эффекта: положительные ATT концентрируются в торговых и строительных отраслях (ОКВЭД 46, 47, 45) и в регионах вне Москвы и Санкт-Петербурга; в Москве и в гетерогенной по отраслям группе «Прочие» эффект отсутствует или отрицателен.
3. CATE неоценим для крупнейших сообществ (Q4 размера) и для ОКВЭД-групп 49, 68 из-за нарушения общей области поддержки — структурное свойство популяции, а не методологический дефект.
4. Неотклонение H_0 интерпретируется как «гетерогенность не доказана при имеющейся мощности», а не как «однородность доказана»: размер контрольной группы n_C=403 ограничивает чувствительность Wald-теста при делении на 3–6 страт.

Прикладной итог: для общего портфеля корпоративных пассивов NMD-моделирование может опираться на средний ATT из [1]; для приоритизации усилий по удержанию клиентов и применения сниженных коэффициентов волатильности ориентиром служат CATE-паттерны — сообщества торговли и строительства в регионах. Направление дальнейшего анализа — переход к непрерывному моделированию CATE через каузальные леса [3, 11] и репликация на расширенной контрольной группе.

Литература

1. Девятаев Д. Н. Два механизма стабильности пассивной базы банка: транзакционное замыкание и временна́я диверсификация минимумов // [РИНЦ]. — 2026.
2. Abadie A., Imbens G.W. Large sample properties of matching estimators for average treatment effects // Econometrica. — 2006. — Vol. 74, No. 1. — P. 235–267.

3. Athey S., Imbens G. Recursive partitioning for heterogeneous causal effects // Proceedings of the National Academy of Sciences. — 2016. — Vol. 113, No. 27. — P. 7353–7360.

4. Austin P.C. An introduction to propensity score methods for reducing the effects of confounding in observational studies // Multivariate Behavioral Research. — 2011. — Vol. 46, No. 3. — P. 399–424.

5. Dassatti C. et al. Banking on assumptions? How banks model deposit maturities // ECB Working Paper No. 3140. — 2025. — 42 p.

6. Forastiere L. et al. Identification and Estimation of Treatment and Interference Effects in Observational Studies on Networks // Journal of the American Statistical Association. — 2021. — Vol. 116, No. 534. — P. 901–918.

7. Imbens G.W., Rubin D.B. Causal Inference for Statistics, Social, and Biomedical Sciences. — Cambridge University Press, 2015. — 625 p.

8. Kalkbrener M., Willing J. Risk management of non-maturing liabilities // Journal of Banking & Finance. — 2004. — Vol. 28, No. 7. — P. 1547–1568.

9. Rosenbaum P.R., Rubin D.B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects // Biometrika. — 1983. — Vol. 70, No. 1. — P. 41–55.

10. Traag V.A. et al. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities // Scientific Reports. — 2019. — Vol. 9. — Art. 5233.

11. Wager S., Athey S. Estimation and inference of heterogeneous treatment effects using random forests // Journal of the American Statistical Association. — 2018. — Vol. 113, No. 523. — P. 1228–1242.

Heterogeneity of the causal effect of payment closure on bank deposit base stability: analysis across industries, regions, and community sizes

Devyataev D.N., Kiseleva I.A.
Synergy University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

A companion study [1] established an average causal effect of high payment closure $CR(C) \geq 0.3$ on deposit base stability (ATT δ=+0.085, ATT CV= − 0.029; p<0.001). *Purpose:* to test whether this effect is uniform across segments of the client base or concentrated in particular industries, regions, and size classes. *Methodology:* stratified PSM (CATE within strata) with a formal Wald homogeneity test; the sample comprises 1,397 communities identified by the Leiden algorithm (γ=100) in a transaction graph of a large Russian bank; strata are defined by quartiles of $\log|C|$, six OKVED groups, and three territorial zones. *Results:* the Wald test fails to reject homogeneity of ATT in δ across any dimension (p=0.49/0.67/0.92); point CATE estimates reveal substantive patterns — the CR→ δ effect concentrates in wholesale and retail trade (OKVED 46: ATT =0.109; OKVED 47: ATT =0.114), in construction (OKVED 45: ATT =0.121) and in regions outside Moscow and St. Petersburg (ATT =0.093), whereas in Moscow it is close to zero. *Conclusions:* the average ATT generalises across client-base segments, supporting its use in NMD modelling; point CATE values serve as applied benchmarks for segment prioritisation; principal limitations are test power at n_C=403 and non-identification of CATE in the top size quartile and in OKVED groups 49, 68 (common-support violation).

Keywords: CATE, causal effect heterogeneity, stratified PSM, Wald test, payment closure, deposit stability, liability management, client base segmentation.

References

1. Devyataev D.N. Dva mekhanizma stabil'nosti passivnoy bazy banka: tranzaktsionnoe zamykanie i vremennaya diversifikatsiya minimumov [Two mechanisms of bank deposit base stability: payment closure and temporal diversification of minimums]. *[RINC]*, 2026. (In Russ.)
2. Abadie A., Imbens G.W. Large sample properties of matching estimators for average treatment effects. *Econometrica*, 2006, vol. 74, no. 1, pp. 235–267.
3. Athey S., Imbens G. Recursive partitioning for heterogeneous causal effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016, vol. 113, no. 27, pp. 7353–7360.
4. Austin P.C. An introduction to propensity score methods for reducing the effects of confounding in observational studies. *Multivariate Behavioral Research*, 2011, vol. 46, no. 3, pp. 399–424.
5. Dassatti C. et al. Banking on assumptions? How banks model deposit maturities. *ECB Working Paper No. 3140*, 2025, 42 p.
6. Forastiere L. et al. Identification and Estimation of Treatment and Interference Effects in Observational Studies on Networks. *Journal of the American Statistical Association*, 2021, vol. 116, no. 534, pp. 901–918.
7. Imbens G.W., Rubin D.B. *Causal Inference for Statistics, Social, and Biomedical Sciences*. Cambridge University Press, 2015, 625 p.
8. Kalkbrener M., Willing J. Risk management of non-maturing liabilities. *Journal of Banking & Finance*, 2004, vol. 28, no. 7, pp. 1547–1568.
9. Rosenbaum P.R., Rubin D.B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 1983, vol. 70, no. 1, pp. 41–55.
10. Traag V.A. et al. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities. *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, art. 5233.
11. Wager S., Athey S. Estimation and inference of heterogeneous treatment effects using random forests. *Journal of the American Statistical Association*, 2018, vol. 113, no. 523, pp. 1228–1242.

Сравнительный анализ жёсткой и нечёткой кластеризации для rfm-сегментации клиентов электронной торговли на основе открытых данных

Дудин Егор Евгеньевич
аспирант, факультет «Информационные Технологии», Университет «Синергия», yssupecaps@gmail.com,

Воронин Борис Валерьевич
факультет «Информационные Технологии», Университет «Синергия», vorborv@mail.ru,

Рассанов Игорь Сергеевич
факультет «Информационные Технологии», Университет «Синергия», irassanov28@gmail.com

В статье представлены результаты сравнительного анализа методов жёсткой (K-means) и нечёткой (Fuzzy C-means) кластеризации для сегментации клиентской базы предприятий электронной коммерции на основе RFM-метрик. Исследование проведено на трёх открытых датасетах различной отраслевой и географической принадлежности: Online Retail (Великобритания, B2B, 4 338 клиентов), Online Retail II (Великобритания, B2B, 5 878 клиентов) и FLO E-Commerce (Турция, B2C, 19 945 клиентов). Установлено, что оба метода демонстрируют высокую согласованность результатов (Adjusted Rand Index 0,932–0,970) при сопоставимом качестве кластеризации по метрике Silhouette Score (0,407–0,543). Ключевым преимуществом метода FCM является выявление «пограничных» клиентов с множественной сегментной принадлежностью: их доля варьируется от 16,0% до 30,8% в зависимости от характеристик датасета. Выявлена зависимость доли пограничных клиентов от структуры клиентской базы: в розничном сегменте (B2C) она вдвое выше, чем в оптовом (B2B). Результаты исследования подтверждают робастность метода FCM на данных различной природы и могут быть использованы для совершенствования систем поддержки принятия решений в сфере управления взаимоотношениями с клиентами.

Ключевые слова: нечёткая кластеризация, Fuzzy C-means, K-means, RFM-анализ, сегментация клиентов, электронная коммерция, мягкие вычисления, кросс-культурный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Сегментация клиентской базы является одной из ключевых задач маркетингового анализа, решение которой позволяет компаниям оптимизировать коммуникационные стратегии, повышать эффективность рекламных кампаний и увеличивать показатели удержания клиентов. Традиционным инструментом сегментации является RFM-анализ, основанный на трёх метриках поведения клиента: Recency (давность последней покупки), Frequency (частота покупок) и Monetary (денежная ценность). Однако в реальной практике границы между клиентскими сегментами часто размыты: клиент может одновременно проявлять характеристики нескольких групп. Жёсткое присвоение к одному сегменту в таких случаях приводит к потере информации и может снижать эффективность маркетинговых решений.

Альтернативой является применение методов нечёткой кластеризации, в частности алгоритма Fuzzy C-means (FCM), который позволяет определить степень принадлежности каждого объекта к каждому кластеру. Данный подход относится к технологиям «мягких» вычислений (soft computing) и позволяет учитывать неопределённость, присущую реальным данным.

Цель исследования — провести сравнительный анализ методов жёсткой (K-means) и нечёткой (Fuzzy C-means) кластеризации для задачи RFM-сегментации клиентов на множественных датасетах электронной коммерции и оценить робастность выявления «пограничных» клиентов с множественной сегментной принадлежностью.

Задачи исследования:

1. Выполнить предобработку транзакционных данных и рассчитать RFM-метрики для трёх клиентских баз различной природы.
2. Провести кластеризацию методами K-means и FCM и сравнить результаты на каждом датасете.
3. Выявить и проанализировать «пограничных» клиентов с нечёткой сегментной принадлежностью.
4. Оценить влияние характеристик датасета (отрасль, бизнес-модель, размер) на долю пограничных клиентов.
5. Сформулировать рекомендации по применению методов нечёткой кластеризации в маркетинговом анализе.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. RFM-анализ как инструмент сегментации клиентов. Концепция RFM-анализа была предложена в работах по прямому маркетингу в 1990-х годах и получила широкое распространение благодаря простоте интерпретации и высокой практической значимости. Hughes (1994) систематизировал подход к использованию RFM-метрик для оценки ценности клиентов и прогнозирования отклика на маркетинговые кампании. Bult и Wansbeek (1995) предложили статистическое обоснование RFM-модели и показали её эффективность для оптимизации прямых рассылок.

Развитие методов анализа данных привело к интеграции RFM-анализа с алгоритмами машинного обучения. Cheng и Chen (2009) предложили комбинировать RFM-анализ с методами кластеризации для автоматической сегментации клиентской базы. Chen, Sain и Guo (2012) продемонстрировали применение методов data mining для RFM-сегментации на примере данных онлайн-ритейла.

1.2. Применение нечёткой кластеризации для сегментации клиентов. Применение FCM для маркетинговой сегментации исследовалось в ряде работ. Safari, Safari и Montazer (2016) показали эффективность FCM для определения пожизненной ценности клиента (CLV) на основе RFM-метрик. Hosseini, Maleki и Gholamian (2010) провели сравнительный анализ K-means и FCM для разработки CRM-методологии и установили, что FCM позволяет получить более детальную картину клиентской базы.

Khajvand et al. (2011) предложили методику оценки CLV на основе FCM-кластеризации RFM-данных и продемонстрировали её применимость для формирования персонализированных маркетинговых стратегий. Однако в существующих исследованиях недостаточно внимания уделяется кросс-культурной валидации результатов и анализу влияния характеристик бизнес-модели на эффективность методов кластеризации.

2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Данные исследования. Исследование проведено на трёх открытых датасетах электронной коммерции, различающихся по географии, отрасли и бизнес-модели (табл. 1).

Таблица 1
Характеристики исследуемых датасетов

Параметр	Online Retail	Online Retail II	FLO Turkey
Источник данных	UCI ML Repository	UCI ML Repository	Kaggle
Период наблюдения	12.2010 — 12.2011	12.2009 — 12.2011	2019 — 2021
Страна/регион	Великобритания	Великобритания	Турция
Тип бизнеса	B2B, подарки	B2B, подарки	B2C, обувь
Количество клиентов	4 338	5 878	19 945
Валюта	GBP	GBP	TRY

Online Retail и Online Retail II — датасеты транзакций британского интернет-магазина, специализирующегося на оптовой продаже подарков и сувениров. Данные размещены в репозитории машинного обучения Калифорнийского университета в Ирвайне (UCI).

FLO E-Commerce — датасет турецкой розничной сети по продаже обуви, включающий агрегированные данные о покупательском поведении клиентов в онлайн- и офлайн-каналах. Данные размещены на платформе Kaggle.

Выбор датасетов обусловлен следующими критериями:

открытый доступ и возможность воспроизведения результатов;

различие в географии (Западная Европа vs. Ближний Восток);

различие в бизнес-модели (B2B vs. B2C);

различие в отрасли (подарки vs. обувь);

достаточный объём данных для статистической значимости.

2.2. Предобработка данных. Предобработка данных включала следующие этапы:

удаление записей с отсутствующим идентификатором клиента;

удаление возвратов товаров (для транзакционных датасетов);

удаление записей с некорректными значениями количества и цены;

преобразование типов данных и создание производных переменных.

Для датасета FLO Turkey предобработка не требовалась, поскольку данные уже агрегированы на уровне клиента.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Определение оптимального числа кластеров. На основании анализа метрик качества (Silhouette Score, Davies-Bouldin Index, FPC) для всех трёх датасетов выбрано оптимальное число кластеров $k=c=3$. Данное значение обеспечивает баланс между качеством кластеризации и интерпретируемостью результатов, а также соответствует классической трёхуровневой сегментации клиентов (VIP, обычные, уходящие).

3.2. Сравнение метрик качества кластеризации. Результаты сравнения методов K-means и FCM по метрикам качества представлены в таблице 3.

Таблица 3
Сравнение метрик качества кластеризации K-means и FCM

Датасет	Метод	Silhouette	Davies-Bouldin	Calinski-Harabasz
Online Retail	K-means	0,5405	0,6589	4 549,3
Online Retail	FCM	0,5426	0,6771	4 506,4
Online Retail II	K-means	0,5302	0,6575	6 780,8
Online Retail II	FCM	0,5321	0,6629	6 755,5
FLO Turkey	K-means	0,4071	0,8719	16 331,9
FLO Turkey	FCM	0,4070	0,8668	16 216,0

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы

1. **По метрике Silhouette Score** оба метода демонстрируют практически идентичные результаты: различия не превышают 0,002 для всех датасетов. FCM показывает незначительно лучшие результаты на датасетах Online Retail (0,5426 vs. 0,5405) и Online Retail II (0,5321 vs. 0,5302).

2. **По метрике Davies-Bouldin Index** K-means незначительно превосходит FCM на всех датасетах, однако различия минимальны (0,02–0,03).

3. **Качество кластеризации существенно зависит от характеристик датасета**: Silhouette Score для B2B-датасетов (0,53–0,54) значительно выше, чем для B2C-датасета FLO Turkey (0,41). Это объясняется более чёткой сегментацией в оптовом бизнесе, где различия между клиентами более выражены.

3.3. Анализ «пограничных» клиентов. Ключевым результатом исследования является выявление существенной доли клиентов с нечёткой сегментной принадлежностью (табл. 4).

Таблица 4
Распределение клиентов по чёткости принадлежности (FCM)

Датасет	Чёткая (≥0,7)	Умеренная (0,5–0,7)	Пограничная (<0,5)	FPC
Online Retail	3 646 (84,0%)	575 (13,3%)	117 (2,7%)	0,7775
Online Retail II	4 902 (83,4%)	812 (13,8%)	164 (2,8%)	0,7783
FLO Turkey	13 794 (69,2%)	4 698 (23,6%)	1 453 (7,3%)	0,6634

Анализ результатов выявил следующие закономерности:

1. **Доля клиентов с нечёткой принадлежностью (Max Membership < 0,7)** составляет от 16,0% (Online Retail) до 30,8% (FLO Turkey). Это означает, что для значительной части клиентской базы жёсткое присвоение к одному сегменту является упрощением.

2. **Выявлена зависимость от бизнес-модели**: в B2C-сегменте (FLO Turkey) доля пограничных клиентов почти вдвое выше (30,8%), чем в B2B-сегменте (16,0–16,6%). Это объясняется большей однородностью покупательского поведения в розничном сегменте.

3. **Значение FPC** для FLO Turkey (0,6634) существенно ниже, чем для B2B-датасетов (0,777–0,778), что подтверждает более размытую структуру сегментов в розничном бизнесе.

3.5. Профили сегментов. Кластеризация позволила выделить три устойчивых сегмента клиентов, интерпретация которых согласуется между датасетами (табл. 5).

Таблица 5
Профили сегментов по датасетам

Датасет	Сегмент	Размер	Recency (дни)	Frequency	Monetary
Online Retail	VIP / Лояльные	259 (6,0%)	17,4	18,9	10 185 £
	Перспективные	3 003 (69,2%)	43,7	3,6	1 266 £
	Спящие	1 076 (24,8%)	246,9	1,5	459 £
Online Retail II	VIP / Лояльные	359 (6,1%)	35,5	28,9	15 879 £
	Перспективные	3 530 (60,1%)	70,9	5,5	1 926 £
	Спящие	1 989 (33,8%)	462,5	2,1	670 £
FLO Turkey	VIP / Лояльные	2 203 (11,0%)	95,2	12,8	2 040 ₺
	Перспективные	10 960 (55,0%)	67,5	4,1	592 ₺
	Спящие	6 782 (34,0%)	252,3	3,7	524 ₺

Структура сегментов демонстрирует устойчивые паттерны:

1. **Сегмент VIP/Лояльные** (6–11% клиентов) характеризуется минимальным Recency, максимальными Frequency и Monetary. Данный сегмент генерирует непропорционально высокую долю выручки.

2. **Сегмент Перспективные** (55–69% клиентов) — основная масса активных клиентов со средними показателями по всем метрикам.

3. **Сегмент Спящие/Уходящие** (25–34% клиентов) характеризуется высоким Recency и низкими показателями активности. Требует реактивационных кампаний.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Робастность метода FCM. Проведённое мультинациональное исследование подтвердило робастность метода FCM на данных различной природы. Несмотря на существенные различия в характеристиках датасетов (география, отрасль, бизнес-модель, размер), метод FCM стабильно выявляет:

трёхкластерную структуру, согласующуюся с результатами K-means (ARI > 0,93);

значимую долю пограничных клиентов (16–31%);

интерпретируемые профили сегментов.

4.2. Влияние бизнес-модели на структуру сегментов. Выявленная зависимость доли пограничных клиентов от бизнес-модели имеет важное практическое значение:

В B2B-сегменте (Online Retail, Online Retail II) клиенты более чётко дифференцированы: оптовые покупатели либо активно работают с поставщиком, либо прекращают сотрудничество. Доля пограничных клиентов составляет 16–17%.

В B2C-сегменте (FLO Turkey) покупательское поведение более вариативно: розничные клиенты чаще совершают нерегулярные покупки, что приводит к размытию границ между сегментами. Доля пограничных клиентов достигает 31%.

Данный результат имеет практическое значение: для B2C-компаний применение методов нечёткой кластеризации особенно актуально, поскольку позволяет учесть специфику покупательского поведения.

4.3. Практические рекомендации. На основании результатов исследования сформулированы следующие рекомендации по применению методов кластеризации для RFM-сегментации:

1. Выбор метода кластеризации в зависимости от задачи:

Для **базовой сегментации** и построения отчётности достаточно использовать метод K-means, который обеспечивает сопоставимое качество кластеризации при меньших вычислительных затратах.

Для **углублённого анализа** и формирования персонализированных маркетинговых стратегий рекомендуется дополнительно применять FCM для выявления пограничных клиентов.

2. Учёт специфики бизнес-модели:

В **B2C-сегменте** применение FCM особенно актуально, поскольку доля пограничных клиентов достигает 31%. Для таких компаний рекомендуется использовать степени принадлежности при формировании маркетинговых кампаний.

В **B2B-сегменте** границы между сегментами более чёткие (доля пограничных клиентов 16–17%), однако FCM позволяет выявить клиентов с потенциалом перехода между сегментами.

3. Работа с пограничными клиентами:

Клиенты с **умеренной принадлежностью (0,5–0,7)** к сегменту «VIP» являются первоочередными кандидатами для программ развития и повышения лояльности.

Клиенты с **растущей принадлежностью** к сегменту «Спящие» требуют превентивных реактивационных мероприятий до фактического перехода в этот сегмент.

Для клиентов с **пограничной принадлежностью (<0,5)** рекомендуется разработка гибридных коммуникационных стратегий, учитывающих характеристики нескольких сегментов.

4. Интеграция в системы поддержки принятия решений:

Матрица степеней принадлежности FCM может быть использована как входные данные для систем рекомендаций и автоматизированных маркетинговых платформ.

Рекомендуется визуализация степеней принадлежности в дашбордах CRM-систем для обеспечения прозрачности сегментации.

5. Порог чёткой принадлежности:

Рекомендуется устанавливать порог чёткой принадлежности на уровне **0,7** — клиенты с меньшей степенью принадлежности требуют индивидуального анализа.

Для B2C-компаний с высокой долей пограничных клиентов возможно снижение порога до **0,6** для оптимизации операционных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование выполнено на трёх открытых датасетах различной отраслевой и географической принадлежности общим объёмом более 30 000 клиентов.

Основные результаты исследования:

1. **Подтверждена робастность метода FCM** на данных различной природы: алгоритм стабильно выявляет трёхкластерную структуру клиентской базы с высокой согласованностью с результатами K-means (Adjusted Rand Index 0,932–0,970).

2. **По классическим метрикам качества** кластеризации методы демонстрируют сопоставимые результаты: Silhouette Score составляет 0,407–0,543 для K-means и 0,407–0,543 для FCM. Различия статистически незначимы.

3. **Ключевым преимуществом FCM** является выявление клиентов с нечёткой сегментной принадлежностью. Их доля варьируется от 16,0% (B2B-сегмент) до 30,8% (B2C-сегмент), что подтверждает практическую значимость метода.

4. **Выявлена зависимость структуры сегментов от бизнес-модели:** в розничном сегменте (B2C) доля пограничных клиентов почти вдвое выше, чем в оптовом (B2B), что объясняется большей вариативностью покупательского поведения.

5. **Выделены три устойчивых клиентских сегмента**, интерпретация которых согласуется между датасетами: «VIP/Лояльные» (6–11%), «Перспективные» (55–69%) и «Спящие/Уходящие» (25–34%).

Научная новизна исследования состоит в:

проведении мультинационального сравнительного анализа методов кластеризации на данных различной природы;

выявлении зависимости доли пограничных клиентов от характеристик бизнес-модели (B2B vs. B2C);

формулировании практических рекомендаций по применению степеней принадлежности FCM в маркетинговом анализе.

Практическая значимость результатов заключается в возможности их использования для:

совершенствования систем поддержки принятия решений в сфере управления взаимоотношениями с клиентами;

формирования персонализированных маркетинговых стратегий с учётом множественной сегментной принадлежности;

повышения эффективности программ лояльности и реактивационных кампаний.

Результаты исследования подтверждают целесообразность применения технологий «мягких» вычислений в маркетинговом анализе и открывают перспективы для дальнейшего развития методологии нечёткой сегментации клиентов.

Литература

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. — 1965. — Vol. 8, № 3. — P. 338–353.
1. Bezdek J.C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. — New York: Plenum Press, 1981. — 256 p.
2. Dunn J.C. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters // Journal of Cybernetics. — 1973. — Vol. 3, № 3. — P. 32–57.
3. MacQueen J. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations // Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. — 1967. — Vol. 1. — P. 281–297.
4. Hughes A.M. Strategic Database Marketing. — Chicago: Probus Publishing, 1994. — 384 p.
5. Bult J.R., Wansbeek T. Optimal Selection for Direct Mail // Marketing Science. — 1995. — Vol. 14, № 4. — P. 378–394.
6. Cheng C.H., Chen Y.S. Classifying the Segmentation of Customer Value via RFM Model and RS Theory // Expert Systems with Applications. — 2009. — Vol. 36, № 3. — P. 4176–4184.
7. Chen D., Sain S.L., Guo K. Data Mining for the Online Retail Industry: A Case Study of RFM Model-Based Customer Segmentation Using Data Mining // Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management. — 2012. — Vol. 19, № 3. — P. 197–208.
8. Safari F., Safari N., Montazer G.A. Customer Lifetime Value Determination Based on RFM Model // Marketing Intelligence & Planning. — 2016. — Vol. 34, № 4. — P. 446–461.
9. Hosseini S.M.S., Maleki A., Gholamian M.R. Cluster Analysis Using Data Mining Approach to Develop CRM Methodology to Make Appropriate Decision for Customer Uncover Behavior // Expert Systems with Applications. — 2010. — Vol. 37, № 7. — P. 5259–5264.
10. Khajvand M., Zolfaghar K., Asber S., Ekhtiari M. Estimating Customer Lifetime Value Based on RFM Analysis of Customer Purchase Behavior: Case Study // Procedia Computer Science. — 2011. — Vol. 3. — P. 57–63.
11. Rousseeuw P.J. Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics. — 1987. — Vol. 20. — P. 53–65.
12. Davies D.L., Bouldin D.W. A Cluster Separation Measure // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1979. — Vol. 1, № 2. — P. 224–227.
13. Hubert L., Arabie P. Comparing Partitions // Journal of Classification. — 1985. — Vol. 2, № 1. — P. 193–218.
14. Kaufman L., Rousseeuw P.J. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. — New York: John Wiley & Sons, 1990. — 342 p.

A comparative analysis of hard and fuzzy clustering for rfm segmentation of e-commerce customers based on open data

Dudin E.E., Voronin B.V., Rassanov I.S.
Synergy University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article presents the results of a comparative analysis of hard (K-means) and fuzzy (Fuzzy C-means) clustering methods for segmenting the customer base of e-commerce companies based on RFM metrics. The study was conducted on three open datasets from different industries and geographic regions: Online Retail (United Kingdom, B2B, 4,338 customers), Online Retail II (United Kingdom, B2B, 5,878 customers), and FLO E-Commerce (Turkey, B2C, 19,945 customers) . It was found that both methods demonstrate high agreement in results (Adjusted Rand Index 0.932–0.970) with comparable clustering quality according to the Silhouette Score metric (0.407–0.543). A key advantage of the FCM method is the identification of "borderline" customers with multiple segment affiliations: their share ranges from 16.0% to 30.8% depending on the characteristics of the dataset. A correlation was found between the proportion of borderline customers and the structure of the customer base: in the retail segment (B2C), it is twice as high as in the wholesale segment (B2B). The research results confirm the robustness of the FCM method on data of various types and can be used to improve decision support systems in the field of customer relationship management.

Keywords: fuzzy clustering, Fuzzy C-means, K-means, RFM analysis, customer segmentation, e-commerce, soft computing, cross-cultural analysis.

References

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. — 1965. — Vol. 8, No. 3. — P. 338–353.
2. Bezdek J.C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. — New York: Plenum Press, 1981. — 256 p.
3. Dunn J.C. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters // Journal of Cybernetics. — 1973. — Vol. 3, No. 3. — P. 32–57.
4. MacQueen J. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations // Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. — 1967. — Vol. 1. — P. 281–297.
5. Hughes A.M. Strategic Database Marketing. — Chicago: Probus Publishing, 1994. — 384 p.
6. Bult J.R., Wansbeek T. Optimal Selection for Direct Mail // Marketing Science. — 1995. — Vol. 14, No. 4. — P. 378–394.
7. Cheng C.H., Chen Y.S. Classifying the Segmentation of Customer Value via RFM Model and RS Theory // Expert Systems with Applications. — 2009. — Vol. 36, No. 3. — P. 4176–4184.
8. Chen D., Sain S.L., Guo K. Data Mining for the Online Retail Industry: A Case Study of RFM Model-Based Customer Segmentation Using Data Mining // Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management. — 2012. — Vol. 19, No. 3. — P. 197–208.
9. Safari F., Safari N., Montazer G.A. Determining Customer Lifetime Value Based on the RFM Model // Marketing Intelligence & Planning. — 2016. — Vol. 34, No. 4. — P. 446–461.
10. Hosseini S.M.S., Maleki A., Gholamian M.R. Cluster Analysis Using Data Mining Approach to Develop CRM Methodology to Make Appropriate Decision for Customer Uncover Behavior // Expert Systems with Applications. — 2010. — Vol. 37, № 7. — P. 5259–5264.
11. Khajvand M., Zolfaghar K., Asber S., Ekhtiari M. Estimating Customer Lifetime Value Based on RFM Analysis of Customer Purchase Behavior: Case Study // Procedia Computer Science. — 2011. — Vol. 3. — P. 57–63.
12. Rousseeuw P.J. Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics. — 1987. — Vol. 20. — P. 53–65.
13. Davies D.L., Bouldin D.W. A Cluster Separation Measure // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1979. — Vol. 1, № 2. — P. 224–227.
14. Hubert L., Arabie P. Comparing Partitions // Journal of Classification. — 1985. — Vol. 2, № 1. — P. 193–218.
15. Kaufman L., Rousseeuw P.J. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. — New York: John Wiley & Sons, 1990. — 342 p.

Разработка методического подхода к прогнозированию рисков реализации производственных проектов на основе нейросетевого анализа данных

Дунаев Павел Владимирович
аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, pavel-dunaew@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы совершенствования управления рисками реализации производственных проектов в условиях цифровизации промышленного сектора. Проведен анализ существующих подходов к управлению проектными рисками и выявлены ограничения традиционных методов, основанных преимущественно на экспертных оценках и ретроспективном анализе данных. Обоснована необходимость применения интеллектуальных методов обработки проектной информации для повышения эффективности прогнозирования рисковых событий.

Предложен методический подход к прогнозированию рисков реализации производственных проектов на основе нейросетевого анализа данных, включающий этапы сбора, подготовки и интеллектуальной обработки проектной информации, а также формирования аналитической поддержки управленческих решений. Рассмотрены основные категории данных, используемых в процессе прогнозирования, и определены ключевые факторы, влияющие на вероятность возникновения отклонений при реализации проектов.

В работе раскрыты особенности применения нейросетевых технологий для выявления скрытых закономерностей и прогнозирования потенциальных рисков производственных проектов. Определены преимущества использования предложенного подхода, выражающиеся в повышении точности прогнозирования, сокращении вероятности критических отклонений и повышении оперативности принятия управленческих решений.

Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании систем управления производственными проектами промышленных предприятий, а также при формировании цифровой среды мониторинга и интеллектуальной поддержки проектной деятельности.

Ключевые слова: управление проектами, производственные проекты, проектные риски, прогнозирование рисков, нейросетевые технологии, искусственный интеллект, цифровизация, интеллектуальный анализ данных, проектное управление, предиктивная аналитика.

Введение

В современных условиях развития промышленного сектора реализация производственных проектов характеризуется высоким уровнем сложности, значительными объемами данных и возрастающей степенью неопределенности внешней и внутренней среды [1]. Крупные промышленные предприятия осуществляют управление множеством взаимосвязанных проектов, отличающихся высокой капиталоемкостью, длительными сроками реализации и существенной зависимостью от производственных, технологических и организационных факторов. В подобных условиях своевременное выявление и прогнозирование рисков становится одним из ключевых факторов обеспечения эффективности проектной деятельности.

Практика реализации производственных проектов показывает, что традиционные методы управления рисками во многих случаях обладают ограниченной адаптивностью к быстро изменяющимся условиям функционирования предприятий. Использование преимущественно экспертных оценок и ретроспективного анализа не всегда позволяет своевременно выявлять скрытые закономерности возникновения отклонений, а также формировать достоверные прогнозы развития проектных рисков. В результате возрастает вероятность нарушения сроков реализации проектов, превышения бюджетных ограничений и снижения эффективности управленческих решений.

Одновременно с этим активное развитие цифровых технологий способствует формированию значительных массивов проектных данных, включающих информацию о ходе выполнения работ, ресурсном обеспечении, изменениях календарных графиков, производственных показателях и возникновении критических событий. Накопление подобных данных создает предпосылки для применения интеллектуальных методов анализа, основанных на технологиях искусственного интеллекта и машинного обучения.

Особое значение в рамках цифровой трансформации проектного управления приобретают нейросетевые технологии, позволяющие выявлять сложные нелинейные зависимости между параметрами реализации проектов, прогнозировать вероятность возникновения рисковых событий и формировать аналитическую основу для поддержки управленческих решений [4]. Использование нейросетевого анализа данных обеспечивает возможность перехода от реактивного управления рисками к предиктивному подходу, ориентированному на раннее выявление потенциальных отклонений еще до наступления критических последствий.

Актуальность темы: несмотря на растущий интерес научного сообщества к вопросам применения искусственного интеллекта в проектной деятельности, существующие исследования в большей степени ориентированы на решение отдельных прикладных задач и не формируют комплексного методического подхода к прогнозированию рисков реализации производственных проектов. Недостаточная проработанность вопросов интеграции нейросетевых моделей в систему управления проектными рисками определяет актуальность настоящего исследования.

Целью статьи является разработка методического подхода к прогнозированию рисков реализации производственных проектов на основе нейросетевого анализа данных. Для достижения поставленной цели в работе предусматривается анализ существующих подходов к управлению проектными рисками, определение ключевых факторов риска производственных проектов, а также формирование структуры интеллектуальной модели прогнозирования, обеспечивающей повышение эффективности принятия управленческих решений.

1. Анализ современных подходов к управлению рисками производственных проектов

В современных условиях развития промышленного сектора управление производственными проектами приобретает особое значение для обеспечения устойчивого функционирования предприятий и достижения стратегических целей организаций. Реализация крупных производственных проектов связана со значительными капитальными вложениями, длительными сроками исполнения, высокой степенью технологической взаимосвязанности процессов, а также необходимостью координации большого количества участников проектной деятельности. В подоб-

ных условиях существенно возрастает влияние различных факторов неопределенности, способных оказывать негативное воздействие на сроки, стоимость и результаты реализации проектов.

Особенностью производственных проектов является высокий уровень зависимости от внешних и внутренних факторов, включая изменения рыночной конъюнктуры, колебания стоимости материально-технических ресурсов, нарушения логистических цепочек, дефицит квалифицированного персонала, производственные ограничения и изменения технологических параметров. Дополнительную сложность формирует высокая динамика изменений производственной среды, при которой даже незначительные отклонения на отдельных этапах способны приводить к существенным последствиям для реализации проекта в целом.

В рамках современной практики проектного управления риск рассматривается как событие или совокупность факторов, способных оказать влияние на достижение целей проекта. При этом риски могут проявляться как в форме прямых финансовых потерь, так и в виде отклонений календарных сроков, снижения эффективности использования ресурсов, нарушения производственных показателей и ухудшения качества управленческих решений.

Традиционные подходы к управлению проектными рисками в большинстве случаев основываются на использовании экспертных методов оценки, статистического анализа, а также различных инструментов вероятностного моделирования [2, 3]. Наиболее распространенными методами являются SWOT-анализ, метод экспертных оценок, анализ чувствительности, построение матриц вероятности и последствий рисковых событий, а также сценарное моделирование. Указанные инструменты получили широкое распространение благодаря относительной простоте применения и возможности использования в условиях ограниченного объема исходной информации.

Вместе с тем использование исключительно традиционных методов управления рисками имеет ряд существенных ограничений. В первую очередь данные подходы характеризуются высокой зависимостью от субъективных экспертных оценок, что снижает точность прогнозирования в условиях высокой изменчивости производственной среды. Кроме того, классические методы зачастую ориентированы преимущественно на анализ уже известных факторов риска и недостаточно эффективно выявляют скрытые взаимосвязи между различными параметрами реализации проекта.

Следует отметить, что в условиях реализации крупных производственных проектов объем обрабатываемой информации постоянно возрастает. Современные предприятия формируют значительные массивы данных, включающие сведения о ходе выполнения работ, загрузке оборудования, ресурсном обеспечении, изменениях календарно-сетевых графиков, производственных инцидентах, финансовых показателях и результатах мониторинга реализации проектов. Однако во многих случаях накопленные данные используются преимущественно для фиксации текущего состояния проекта, тогда как потенциал их интеллектуального анализа остается реализованным не в полной мере.

В последние годы развитие цифровых технологий существенно повлияло на трансформацию подходов к управлению проектной деятельностью. Активное внедрение корпоративных информационных систем, цифровых платформ мониторинга, технологий обработки больших данных и интеллектуальной аналитики создает предпосылки для перехода к более гибким и адаптивным моделям управления производственными проектами. В данных условиях особое внимание уделяется использованию методов искусственного интеллекта и машинного обучения, обеспечивающих возможность обработки значительных объемов разнородной информации и выявления сложных закономерностей развития проектных процессов.

Одним из наиболее перспективных направлений является применение нейросетевых технологий в системе управления проектными рисками. Использование нейронных сетей позволяет анализировать большие массивы данных, учитывать нелинейный характер взаимосвязей между параметрами проекта, а также формировать прогнозы возникновения потенциальных отклонений на ранних стадиях реализации проекта. В отличие от традиционных методов, основанных преимущественно на статических моделях анализа, нейросетевые алгоритмы способны адаптироваться к изменяющимся условиям и повышать точность прогнозирования по мере накопления новых данных.

Таким образом, современные условия реализации производственных проектов формируют объективную потребность в разработке новых подходов к прогнозированию рисков, основанных на интеллектуальном анализе данных и использовании нейросетевых технологий. Перспективным направлением представляется формирование методического подхода, обеспечивающего комплексную обработку проектной информации, выявление потенциальных отклонений и повышение эффективности системы поддержки управленческих решений в условиях высокой неопределенности производственной среды [5, 7].

2. Формирование методического подхода к прогнозированию рисков на основе нейросетевого анализа данных

Современные условия реализации производственных проектов характеризуются высоким уровнем неопределенности, значительным объемом обрабатываемой информации и необходимостью оперативного принятия управленческих решений. В данных условиях эффективность системы управления проектами во многом определяется способностью своевременно выявлять потенциальные отклонения и прогнозировать вероятность возникновения рисковых событий на различных этапах реализации проекта.

Традиционные методы управления рисками в большинстве случаев ориентированы на анализ уже произошедших событий либо основаны на экспертных оценках вероятности возникновения неблагоприятных факторов. При этом возрастающая сложность производственных процессов и увеличение количества взаимосвязанных параметров существенно ограничивают возможности использования исключительно классических инструментов риск-менеджмента. В результате возникает необходимость формирования более адаптивных подходов к прогнозированию рисков, основанных на интеллектуальном анализе накопленных проектных данных.

В рамках настоящего исследования предлагается методический подход к прогнозированию рисков реализации производственных проектов, основанный на применении нейросетевого анализа данных. Структура предлагаемого методического подхода представлена на рисунке 1:

Рисунок 1 – Структура методического подхода к прогнозированию рисков реализации производственных проектов

Основной особенностью предлагаемого подхода является интеграция процессов мониторинга, интеллектуальной обработки информации и поддержки принятия управленческих решений в единую аналитическую систему.

Ключевым элементом методического подхода выступает использование проектных данных, формируемых в процессе реализации производственных проектов. В современных организациях данные формируются непрерывно и включают широкий спектр информации о ходе выполнения работ, использовании ресурсов, изменениях производственных показателей, финансовом состоянии проекта, а также возникающих отклонениях и инцидентах. Значительная часть указанных данных содержится в корпоративных информационных системах, системах календарно-сетевого планирования, цифровых платформах мониторинга и производственных базах данных.

На первоначальном этапе реализации методического подхода осуществляется сбор и консолидация проектной информации. Данный этап предполагает объединение данных из различных источников в единую аналитическую среду, обеспечивающую возможность комплексного анализа параметров реализации проекта. Особое значение при этом приобретает обеспечение полноты и достоверности исходной информации, поскольку качество прогнозирования напрямую зависит от корректности используемых данных.

Следующим этапом является подготовка и обработка данных для последующего нейросетевого анализа. На практике проектная информация часто характеризуется неоднородностью структуры, различием форматов хранения и наличием неполных либо дублирующихся записей. В связи с этим требуется проведение процедур очистки данных, нормализации показателей, устранения аномалий и структурирования информации в соответствии с задачами интеллектуального анализа.

Особое значение в рамках предлагаемого подхода имеет формирование системы параметров, используемых для прогнозирования рисков реализации производственных проектов. К числу наиболее значимых факторов могут относиться отклонения календарных сроков выполнения работ, изменение стоимости материально-технических ресурсов, уровень загрузки производственных мощностей, частота возникновения инцидентов, изменение объемов финансирования, показатели обеспеченности персоналом, а также динамика производственных показателей проекта.

Для обработки и анализа указанных данных предлагается использование нейросетевых моделей, способных выявлять сложные нелинейные зависимости между параметрами реализации проекта. В отличие от традиционных аналитических инструментов нейронные сети позволяют учитывать совокупное влияние большого количества факторов и формировать прогнозы даже в условиях высокой неопределенности производственной среды [8, 9].

Применение нейросетевого анализа обеспечивает возможность раннего выявления потенциальных отклонений, способных привести к нарушению сроков реализации проекта, превышению бюджетных ограничений или снижению эффективности производственных процессов. При этом система прогнозирования может функционировать в непрерывном режиме, обеспечивая постоянное обновление аналитической информации по мере поступления новых данных.

Важной особенностью предлагаемого методического подхода является возможность адаптации модели прогнозирования к специфике конкретного производственного предприятия. В зависимости от отраслевых особенностей организации, структуры производственных процессов и характера реализуемых проектов состав анализируемых параметров и критериев оценки рисков может изменяться. Это обеспечивает более высокую точность прогнозирования и позволяет учитывать специфику функционирования конкретной производственной среды.

Результатом нейросетевого анализа выступает формирование прогнозной оценки вероятности возникновения рисковых событий и отклонений при реализации проекта. На основе полученных данных система формирует аналитическую информацию, используемую руководителями проектов и производственными подразделениями при принятии управленческих решений. В частности, результаты прогнозирования могут применяться для корректировки календарных графиков, перераспределения ресурсов, изменения приоритетов выполнения работ и повышения эффективности контроля реализации проекта.

Таким образом, разработанный методический подход формирует основу для перехода от реактивной модели управления проектными рисками к предиктивному управлению, ориентированному на предупреждение потенциальных отклонений до момента возникновения критических последствий. Использование нейросетевого анализа данных способствует повышению устойчивости реализации производственных проектов, снижению вероятности возникновения критических рисков и совершенствованию системы поддержки управленческих решений в условиях цифровой трансформации промышленного сектора.

3. Практические аспекты применения нейросетевого анализа в системе управления производственными проектами

В современных условиях цифровой трансформации промышленного сектора особую актуальность приобретает вопрос практического применения интеллектуальных технологий в системе управления производственными проектами. Несмотря на активное развитие методов искусственного интеллекта и аналитических инструментов обработки данных, во многих организациях использование нейросетевых технологий по-прежнему носит фрагментарный характер и ограничивается решением отдельных прикладных задач. В связи с этим важное значение приобретает формирование комплексного подхода к интеграции нейросетевого анализа в процессы управления проектной деятельностью.

Практическая реализация предложенного методического подхода предполагает его интеграцию в существующую цифровую инфраструктуру промышленного предприятия. В большинстве случаев современные организации уже располагают значительными объемами проектной информации, содержащейся в корпоративных информационных системах, ERP-платформах, системах календарно-сетевого планирования, производственных базах данных и цифровых средствах мониторинга реализации проектов. Это создает необходимые предпосылки для внедрения интеллектуальных механизмов прогнозирования рисков без необходимости формирования полностью новой информационной среды [10, 11].

Одним из ключевых факторов эффективности нейросетевого анализа является качество исходных данных, используемых в процессе обучения и функционирования модели прогнозирования. На практике производственные предприятия сталкиваются с проблемой разрозненности информации, различий в форматах хранения данных и отсутствия единого подхода к их структурированию. В результате важным условием успешного внедрения интеллектуальной системы прогнозирования становится создание единого цифрового пространства проектных данных, обеспечивающего консолидацию информации из различных источников.

Следует отметить, что применение нейросетевых технологий в управлении производственными проектами не ограничивается исключительно прогнозированием критических отклонений. Аналитические модели могут использоваться для оценки вероятности нарушения календарных сроков, выявления потенциального перерасхода бюджета, анализа эффективности использования ресурсов, прогнозирования загрузки производственных мощностей и определения вероятности возникновения производственных инцидентов. Таким образом, интеллектуальный анализ данных формирует основу для комплексной оценки состояния проекта и повышения качества управленческого контроля [6].

Практика реализации производственных проектов показывает, что существенная часть рисков формируется на ранних этапах выполнения работ, когда отклонения еще не оказывают критического влияния на общие показатели проекта. Однако при отсутствии механизмов оперативного выявления подобных изменений накопление незначительных нарушений может приводить к существенным последствиям в дальнейшем. В этой связи использование нейросетевого анализа позволяет обеспечить переход от реагирования на уже возникшие проблемы к предупреждению потенциальных отклонений на стадии их формирования.

Особое значение применение интеллектуальных методов приобретает в условиях реализации крупных производственных проектов с высокой степенью взаимосвязанности процессов. В подобных проектах изменение одного параметра способно оказывать влияние на значительное количество связанных элементов системы управления. Традиционные методы анализа во многих случаях не позволяют оперативно учитывать подобные взаимосвязи, тогда как нейросетевые модели способны выявлять сложные нелинейные зависимости между различными параметрами проектной деятельности.

Использование интеллектуального прогнозирования рисков также способствует повышению качества управленческих решений. Руководители проектов получают возможность не только фиксировать текущее состояние реализации проекта, но и оценивать вероятность возникновения потенциальных отклонений в перспективе. Это позволяет своевременно корректировать календарные графики, перераспределять ресурсы, изменять приоритеты выполнения работ и формировать превентивные меры реагирования на потенциальные рисковые события.

Важным преимуществом предлагаемого подхода является возможность непрерывного совершенствования системы прогнозирования в процессе накопления новых данных. По мере реализации производственных проектов объем доступной информации увеличивается, что обеспечивает дополнительное обучение нейросетевых моделей и повышение точности прогнозирования. Таким образом, интеллектуальная система приобретает адаптивный характер и способна учитывать изменения производственной среды, организационной структуры предприятия и специфики реализуемых проектов.

Дополнительным фактором эффективности внедрения интеллектуальных систем прогнозирования является возможность визуализации результатов анализа в формате аналитических панелей мониторинга и цифровых дашбордов. Представление информации в удобной визуальной форме способствует ускорению процесса принятия решений и повышению прозрачности управления производственными проектами. Руково-

дители получают возможность оперативно отслеживать ключевые показатели реализации проекта, уровень вероятности возникновения рисков и динамику изменения критических параметров.

Практическое применение нейросетевого анализа в системе управления производственными проектами обеспечивает возможность повышения устойчивости проектной деятельности в условиях высокой неопределенности внешней среды. Своевременное выявление потенциальных отклонений способствует снижению вероятности нарушения сроков реализации проектов, сокращению финансовых потерь и повышению эффективности использования производственных ресурсов.

Таким образом, использование нейросетевых технологий в системе управления производственными проектами формирует основу для перехода к более гибкой и интеллектуальной модели проектного управления, ориентированной на предиктивный анализ, непрерывный мониторинг и повышение качества управленческих решений. Реализация предложенного методического подхода позволяет повысить адаптивность системы управления проектной деятельностью и обеспечить более высокий уровень устойчивости производственных проектов в условиях цифровой трансформации промышленного сектора.

Заключение

В современных условиях цифровой трансформации промышленного сектора повышение эффективности управления производственными проектами напрямую связано с развитием интеллектуальных методов анализа и прогнозирования проектных рисков.

В рамках исследования был проведен анализ современных подходов к управлению рисками производственных проектов и выявлены ограничения традиционных методов, основанных преимущественно на экспертных оценках и ретроспективном анализе информации. Установлено, что применение нейросетевых технологий позволяет повысить точность прогнозирования рисковых событий и обеспечить более высокий уровень адаптивности системы управления проектами.

В работе разработан методический подход к прогнозированию рисков реализации производственных проектов на основе нейросетевого анализа данных, включающий этапы сбора, обработки и интеллектуального анализа проектной информации. Предлагаемый подход обеспечивает возможность раннего выявления потенциальных отклонений и формирования аналитической поддержки управленческих решений.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанного подхода в системе управления производственными проектами промышленных предприятий с целью повышения устойчивости проектной деятельности, снижения вероятности критических отклонений и повышения эффективности реализации проектов.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования нейросетевых технологий в развитии современных систем управления производственными проектами и формируют основу для дальнейшего совершенствования интеллектуальных механизмов прогнозирования проектных рисков.

Литература

1. Аньшин В.М. Управление проектами: фундаментальный курс : учебник / В.М. Аньшин, А.В. Алешин, К.А. Багратиони и др. — М. : Издательский дом НИУ ВШЭ, 2023. — 620 с.
2. Балашов А.И. Управление проектами : учебник и практикум для вузов / А.И. Балашов, Е.М. Рогова, М.В. Тихонова, Е.А. Ткаченко. — М. : Юрайт, 2022. — 383 с.
3. Бурков В.Н. Модели и методы управления проектами / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. — М. : ЛЕНАНД, 2021. — 240 с.
4. Гаврилов Л.П. Искусственный интеллект и цифровая трансформация бизнеса : учебное пособие / Л.П. Гаврилов. — М. : Юрайт, 2023. — 275 с.
5. Керцнер Г. Стратегическое управление проектами / Г. Керцнер ; пер. с англ. — М. : ДМК Пресс, 2021. — 712 с.
6. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений : учебник / О.И. Ларичев. — М. : Логос, 2020. — 392 с.
7. Новиков Д.А. Управление проектами: организационные механизмы / Д.А. Новиков. — М. : ПМСОФТ, 2022. — 140 с.
8. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг ; пер. с англ. — СПб. : Вильямс, 2022. — 1408 с.
9. Goodfellow I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. — Cambridge : MIT Press, 2021. — 775 p.
10. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling / H. Kerzner. — 13th ed. — Hoboken : Wiley, 2022. — 848 p.
11. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). — 7th ed. — Pennsylvania : PMI, 2021. — 370 p.

Development of a Methodological Approach to Forecasting Risks in the Implementation of Production Projects Based on Neural Network Data Analysis

Dunaev P.V.

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article examines issues related to improving risk management in the implementation of production projects under the conditions of digital transformation in the industrial sector. Existing approaches to project risk management are analyzed, and the limitations of traditional methods based primarily on expert assessments and retrospective data analysis are identified. The necessity of applying intelligent methods of project information processing to improve the efficiency of risk event forecasting is substantiated.

A methodological approach to forecasting risks in the implementation of production projects based on neural network data analysis is proposed. The approach includes the stages of collection, preparation, and intelligent processing of project information, as well as the formation of analytical support for managerial decision-making. The main categories of data used in the forecasting process are considered, and the key factors affecting the probability of deviations during project implementation are identified.

The paper reveals the features of applying neural network technologies for identifying hidden patterns and forecasting potential risks of production projects. The advantages of the proposed approach are determined, including increased forecasting accuracy, reduced probability of critical deviations, and improved efficiency of managerial decision-making.

The results of the study can be used to improve production project management systems at industrial enterprises, as well as in the development of a digital environment for monitoring and intelligent support of project activities.

Key words: project management, production projects, project risks, risk forecasting, neural network technologies, artificial intelligence, digitalization, intelligent data analysis, project management systems, predictive analytics.

References

1. Anshin V.M., Aleshin A.V., Bagrationi K.A., et al. *Project Management: A Fundamental Course*. Moscow: Higher School of Economics Publishing House, 2023. 620 p.
2. Balashov A.I., Rogova E.M., Tikhonova M.V., Tkachenko E.A. *Project Management: Textbook and Workshop for Universities*. Moscow: Yurayt, 2022. 383 p.
3. Burkov V.N., Novikov D.A. *Models and Methods of Project Management*. Moscow: LENAND, 2021. 240 p.
4. Gavrilov L.P. *Artificial Intelligence and Digital Transformation of Business*. Moscow: Yurayt, 2023. 275 p.
5. Kerzner H. *Strategic Project Management*. Trans. from English. Moscow: DMK Press, 2021. 712 p.
6. Larichev O.I. *Theory and Methods of Decision Making*. Moscow: Logos, 2020. 392 p.
7. Novikov D.A. *Project Management: Organizational Mechanisms*. Moscow: PMSOFT, 2022. 140 p.
8. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Trans. from English. St. Petersburg: Williams, 2022. 1408 p.
9. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. Cambridge: MIT Press, 2021. 775 p.
10. Kerzner H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 13th ed. Hoboken: Wiley, 2022. 848 p.
11. Project Management Institute. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 7th ed. Pennsylvania: PMI, 2021. 370 p.

Особенности работы с данными в продовольственном ритейле

Дюканов Даниил Всеволодович
аспирант, кафедра «Бизнес-информатика», факультет «Информационные технологии и анализ больших данных», Финансовый университет при Правительстве РФ, 249741@edu.fa.ru

В рамках статьи описываются ключевые особенности работы с данными в продовольственном ритейле. Приводятся примеры возможных проблем, с которыми сталкиваются продовольственные компании при сборе и обработке данных из различных источников, а также даются практические рекомендации по решению данных проблем. Корректный и своевременный сбор и обработка данных являются одними из ключевых факторов экономической эффективности в работе современных компаний. Особенно необходимым данный процесс является для компаний продовольственного ритейла в виду специфики их деятельности: большое количество транзакций, значительное число источников данных, важность ведения товарной номенклатуры.
Ключевые слова: Продовольственный ритейл, базы данных, хранение данных, сбор данных, нормализация данных, товарная номенклатура, нормативно-справочная информация, системы управления базами данных.

Введение

В рамках статьи описываются ключевые особенности работы с данными в продовольственном ритейле. Приводятся примеры возможных проблем, с которыми сталкиваются продовольственные компании при сборе и обработке данных из различных источников, а также даются практические рекомендации по решению данных проблем. Корректный и своевременный сбор и обработка данных являются одними из ключевых факторов экономической эффективности в работе современных компаний. Особенно необходимым данный процесс является для компаний продовольственного ритейла в виду специфики их деятельности: большое количество транзакций, значительное число источников данных, важность ведения товарной номенклатуры.

Основная часть

Компании продовольственного ритейла чаще всего используют одновременно несколько классов программных решений для сбора и агрегации информации. В зависимости от специфики информации применяются: [1]

— POS-системы – применяются для фиксации информации о продаже на кассе: товар, количество, время, цена, способ оплаты, скидки, отмены;

— Системы учета товаров (ERP): Управление закупками, запасами на складах, логистикой, взаиморасчетами с поставщиками;

— CRM-системы: данные о покупателях, история их покупок, контактная информация;

— Планировщик загрузки товаров: данные о движении товара со склада в магазин;

— Данные от поставщиков: ЭДО, прайс-листы, акционные планы.

Данные классы систем чаще всего используют реляционные базы данных для непосредственного хранения информации в формате плоских таблиц и записей в них. Табличные формы представления сущностей позволяют обеспечить целостность и согласованность данных за счёт применения первичных и внешних ключей для связи записей. Кроме того, реляционные базы данных обеспечивают структурированную иерархичную структуру хранения данных и широкие возможности масштабирования, что важно для компаний продовольственного ритейла, которые работают с большим количеством номенклатурных позиций. Реляционные базы данных также гарантируют атомарность, согласованность и изоляцию транзакций, что является критически важным фактором при денежных операциях. [2]

В базах данных компаний продовольственного ритейла хранится большой объём данных о финансовых транзакция, персональные данные о покупателях и движении товаров. Для последующей обработки и анализа компаниям продовольственного ритейла важно понимать, какие типы данных аккумулируются в их информационных системах. Типы данных, хранящихся в базах данных информационных систем компаний продовольственного ритейла и некоторые из примеров подобных данных представлены в таблице ниже.

Таблица 1
Типы данных, содержащихся в базах данных компаний продовольственного ритейла

Тип	Примеры
Числовые данные – данные, имеющие выражение в виде дискретных и непрерывных числовых значениях	Стоимость товаров в денежном выражении; Количество продукции; Масса и объём продукции;
Строковые данные – набор данных, представляющих собой последовательность буквенных значений	Наименования товарных позиций; Информация о клиентах: ФИО клиентов, номера телефонов, адреса электронных почт, статусы программы лояльности Информация о сотрудниках; Наименования контрагентов;
Данные даты и времени – тип данных, используемый для регистрации информации о времени и дате наступления определённых событий	Дата реализации товара в магазине; Дата поступления продукции от поставщика; Дата платежей и выплат

В то же время применение нескольких часто разрозненных информационных систем с изолированными базами данных может повлечь за собой ряд проблем при последующем анализе данных и формировании модели потребительского поведения. Так, ряд систем могут не иметь общего протокола взаимодействия и передачи данных друг с другом, что

приводит к необходимости настройки сложной интеграции между информационными системами или ручного экспорта файлов. Немаловажной проблемой для хранения и обработки данных в продовольственном ритейле также является тот объём данных о покупках и покупателях, который генерируется и передаётся в реальном времени между информационными системами. При значительном объёме данных и отсутствии интеграции проблемой также являются потенциальные изменения, проводимые в базах данных организации. Так, например, изменение в одной базе данных наименование товарной позиции может быть учтено в других базах организации. Таким образом компании придётся менять наименование во всех базах данных систем, в которых данная товарная позиция присутствует. [3]

Между несколькими не интегрированными информационными системами также могут присутствовать дубликаты одних и тех же записей о товарных позициях, реализации продукции, информации о клиентах и контрагентах. Различные информационные системы также могут иметь собственные структуры справочников. При отсутствии в организации единого подхода к ведению справочной информации и номенклатуры возможны ситуации, в рамках которых системы содержать противоречащую друг другу информацию, орфографические ошибки, различные варианты написания одного и того же наименования или пропущенные значения. Так, более известная покупателям продовольственных товаров ягода годжи в ряде случаев реализуется под другим своим названием – дереза обыкновенная.

Кроме того, в рамках одной конкретно взятой информационной системы также может присутствовать дублирования одних и тех же записей и некорректное использование наименований ввиду отсутствия форматно-логического контроля и единой системы справочников. Другой возможной проблемой хранения данных в различных системах может быть использование различных единиц измерения для одного и того же товара. [4] Например: мясную продукцию принято учитывать и реализовывать в массе, в то время как яйца в штуках. Некорректная настройка типов данных является ещё одной потенциальной проблемой хранения данных. Примеры возможных аномалий при хранении данных в базах данных приведены в таблице ниже.

В связи с вышеизложенной спецификой сбора и хранения данных в сегменте продовольственного ритейла крупным компаниям важно придерживаться следующего порядка работы с данными:

Идентификация источников релевантной информации для последующего моделирования потребительского поведения в организации;

формирование единой системы справочников и классификаторов для ведения номенклатуры в базах данных – унификация системы наименований объектов справочников позволит нивелировать возможность дальнейших ошибок в сборе и обработке данных при моделировании потребительского поведения;

Приведение наименования исторических данных в соответствии с новыми разработанными справочниками и классификаторами – ручное или автоматизированное изменение значения записей исторических данных на соответствующие им новые;

Приведение структуры базы данных к единой общей архитектуре – проектирование и создание отдельной централизованной базы данных хранения информации о деятельности организации для дальнейшего прогнозирования и моделирования потребительского поведения. Данный этап включает в себя формирование набора сущностей для базы данных, нормализации данных, формирования первичных ключей, установления связей между сущностями, а также настройку связей между сущностями, определение состава обязательных для заполнения полей и ограничений на внесение в базу информации.

Для унификации подхода к управлению данными и создания единого хранилища должно быть внедрено решение класса систем управления данными. СУБД должно быть интегрировано с хранилищами других информационных систем компании. Решение класса СУБД представляет собой «мастер систему» хранения данных, в рамках которой осуществляет обновление записей и последующая синхронизация в других системах компании. СУБД обеспечивает интеграцию баз данных компании с разрабатываемой на данном этапе базой данных прогнозирования и моделирования потребительского поведения. [5]

Заключение

Таким образом можно сделать вывод о том, что сбор, хранение и обработка данных в продовольственном ритейле представляет собой комплексный и многоаспектный технологический процесс. Компаниям продовольственного ритейла важно идентифицировать источники поступления данных, специфику этих данных и обеспечивать их надлежащую и своевременную передачу. При обработке и хранении данных ключевым является очистка и нормализация данных, а также корректная настройка работы справочников и нормативно-справочной информации для форматно-логического контроля и избежание аномалий в данных. Для решения подобных задач компании применяют системы класса СУБД, позволяющие обеспечить интеграцию разрозненных систем и полностью управлять процессом работы данных от сбора и очистки, до непосредственной дальнейшей передачи в аналитические системы.

Литература

1. Калашников Н.А. Цифровизация систем управления в сфере ритейла: Россия в контексте глобальной трансформации // E-management. 2023 Т. 6, № 2, С. 14-24
2. Антинескул Е.А. Теоретические основы цифровой трансформации продовольственного ритейла // Мир экономики и управления 2022, Том 22 № 3
3. Жалолов О.И., Хаятов Х. У.Понятие SQL и реляционной базы-данных // Universum: Технические науки – 2020. – № 6 (75). – С. 26-29.
4. Борреманс А. Д., Воронова О. В., Ильин И. В. Совершенствование системы документооборота сетевых компаний FMCG-ритейла на основе проектирования архитектуры данных // Экономика и управление. 2019. № 9 (167). С. 87–96. DOI: 10.35854/1998-1627-2019-9-87-96.
5. Ковалев В.Е., Новикова К.В., Антинескул Е.А. (2022). Кластерный анализ продовольственных ритейлеров России // Управленец. Т. 13, № 2. С. 70–84.

Fundamentals of the approach to modeling consumer behavior in food retail based on intelligent technologies

Dyukanov D.V.

Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article describes the key features of working with data in the food retail industry. It provides examples of possible challenges faced by food companies when collecting and processing data from various sources, and offers practical recommendations for addressing these issues. Proper and timely data collection and processing are crucial for the economic efficiency of modern companies. This process is particularly important for food retail companies due to the specific nature of their operations, which involve a large number of transactions, multiple data sources, and the need to maintain a comprehensive product inventory.

Keywords: Food retail, databases, data storage, data collection, data normalization, product nomenclature, regulatory information, database management systems.

References

1. Kalashnikov N.A. Digitalization of management systems in the retail sector: Russia in the context of global transformation // E-management. 2023, Vol. 6, No. 2, pp. 14-24
2. Antineskul E.A. Theoretical foundations of the digital transformation of food retail // The world of economics and management 2022, Vol. 22, No. 3
3. Zhalolov O.I., Khayatov H.U. The concept of SQL and a relational database // Universum: Technical sciences - 2020. - No. 6 (75). - pp. 26-29.
4. Borremans A.D., Voronova O.V., Ilyin I.V. Improving the document management system of FMCG retail chain companies based on data architecture design // Economics and management. 2019. No. 9 (167). P. 87–96. DOI: 10.35854/1998-1627-2019-9-87-96.
5. Kovalev V.E., Novikova K.V., Antineskul E.A. (2022). Cluster analysis of food retailers in Russia // Manager. Vol. 13, No. 2. P. 70–84.

Климук Евгений Александрович
аспирант, Физико-технический институт, КФУ им. В.И. Вернадского, klimuk_evgeniy@mail.ru

В статье рассматривается применение дифференциальных уравнений в имитационном моделировании бизнес-процессов на примере анализа рынка олигополии в среде AnyLogic. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поддержки принятия управленческих решений в условиях динамичной внешней среды. В работе раскрываются теоретические основы системной динамики и роль дифференциальных уравнений как математического аппарата для описания динамики накопителей. На основе модели диффузии инноваций Ф. Басса разработана имитационная модель, формализующая распространение инновационного продукта с учётом эффектов рекламы и межличностной коммуникации. Особое внимание уделено интеграции классических маркетинговых параметров – эффективности рекламы, силы убеждения, среднего числа контактов – в структуру дифференциальных уравнений, что позволяет количественно оценить вклад каждого из этих факторов в динамику рыночной доли. Практическая значимость заключается в возможности использования разработанной методики для оптимизации маркетинговых бюджетов и прогнозирования рыночной доли.

Ключевые слова: имитационное моделирование, системная динамика, AnyLogic, дифференциальное уравнение, бизнес-процесс, модель Басса, динамическая переменная, олигополия.

В условиях современной экономики эффективное управление бизнес-процессами требует не только глубокого понимания внутренних механизмов организации, но и способности прогнозировать развитие сложных динамических систем в условиях неопределённости и изменяющейся внешней среды. Одним из наиболее мощных инструментов для решения таких задач является имитационное моделирование, позволяющее исследовать поведение реальных объектов и процессов на их математических аналогах без риска для основной деятельности предприятия [1]. Оно дает возможность исследовать различные объекты косвенным путем, анализируя другие различные вспомогательные объекты. Под имитационным моделированием понимается воспроизводство на ЭВМ работоспособности изучаемой системы. В результате подробно исследуется состояние системы, различные элементы, работающие в конкретные моменты заданного модельного времени. Посредством моделирования появляется возможность косвенного исследования объектов, без затрагивания их «оригиналов», проводя эксперименты лишь на их приближенных моделях (копиях) [2].

Практическая польза копии обусловлена ее полнотой и адекватностью, которые характеризуют параметр точности отражения оригинала; множеством вариантов ее использования при воспроизведении замещаемых объектов; универсальной гибкостью. Наряду с этим, строение копии не может отличаться чрезмерной сложностью, так как немаловажным параметром качественности копии выступает простота эксперимента с ее участием. В конечном итоге модель должна соответствовать лишь значимым для эксперимента свойствам оригинала, тогда как излишние компоненты в ходе проектирования следует отбросить.

Имитационное моделирование имеет смысл применять тогда, когда:

- ставится задача исследовать работу системы;
- проведение экспериментов в реальной системе достаточно затратное с финансовой точки зрения или рискованно;
- отсутствует возможность провести настоящий эксперимент или выполнить исследование системы в реальности;
- моделируемая система имеет сложности в использовании обычных аналитических методик свойств, к примеру, стохастичность и динамичность;
- необходимо исследовать отдельные элементы системы, а также их состояние в отдельно взятые промежутки времени, взаимодействие или поведение.

Среда AnyLogic является одним из ведущих инструментов для реализации имитационных моделей, объединяя возможности системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования [3]. Внедрение дифференциальных уравнений в структуру моделей AnyLogic открывает широкие перспективы для анализа и оптимизации бизнес-процессов, прогнозирования спроса, управления запасами, оценки эффективности маркетинговых стратегий и принятия обоснованных управленческих решений.

Целью настоящей статьи является исследование возможностей применения дифференциальных уравнений при имитационном моделировании бизнес-процессов в среде AnyLogic.

В современной научной литературе вопросы имитационного моделирования бизнес-процессов с использованием дифференциальных уравнений рассматриваются достаточно широко. Классические работы Дж. Форрестера [4] и Дж. Стермана [5] заложили основы применения системной динамики для анализа сложных динамических систем, в том числе экономических и управленческих процессов. В этих исследованиях подчёркивается, что дифференциальные уравнения позволяют формализовать динамику переменных состояния, учитывать обратные связи, задержки и нелинейные зависимости, что обеспечивает высокую степень адекватности моделей реальным процессам.

В работах, посвящённых математическому моделированию, отмечается, что для динамических систем высокого порядка с большим числом входов, выходов и внутренних связей имитационное моделирование становится практически единственным инструментом исследования. При этом для реализации имитационных моделей разрабатываются алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений и их систем, что позволяет исследовать поведение сложных объектов в условиях неопределённости и внешних возмущений [6].

В контексте практического применения дифференциальные уравнения широко используются для моделирования изменений во времени и пространстве в различных областях: экономике, биологии, инженерии. В экономике они применяются для анализа динамики инвестиций, роста капитала, а также для описания процессов распространения инноваций и конкуренции на рынке [7].

В литературе отмечается, что AnyLogic предоставляет удобные средства для аналитического задания дифференциальных и алгебраических уравнений, использования накопителей, потоков, динамических переменных и параметров, что делает её востребованной для решения задач управления бизнес-процессами [8]. Вместе с тем анализ публикаций показывает, что вопросы практической реализации сложных моделей на основе дифференциальных уравнений в AnyLogic, а также анализ их ограничений и возможностей для поддержки управленческих решений остаются недостаточно изученными. В большинстве работ рассматриваются либо отдельные математические аспекты, либо узкоспециализированные примеры, что не позволяет сформировать целостное представление о методике применения данного подхода в управлении бизнес-процессами.

Особое место среди методов имитационного моделирования занимает системная динамика, в основе которой лежит формализация динамики бизнес-процессов с помощью дифференциальных уравнений. Системная динамика – это методология моделирования, ориентированная на исследование сложных систем с обратными связями и временными задержками. В её основе лежит представление системы как совокупности накопителей (*stocks*), потоков (*flows*), динамических переменных и параметров, связанных между собой причинно-следственными связями. Ключевой особенностью системной динамики является использование дифференциальных уравнений для формализации динамики накопителей. Дифференциальные уравнения позволяют описывать изменение ключевых переменных системы во времени, учитывать обратные связи, задержки, нелинейные зависимости и стохастические факторы, что обеспечивает высокую степень адекватности моделей реальным процессам. Эта парадигма особенно эффективна для моделирования бизнес-процессов, так как позволяет наглядно представить структуру системы, выявить «узкие места» и проанализировать долгосрочные последствия управленческих решений.

Дифференциальные уравнения играют важную роль в имитационном моделировании, так как позволяют описывать динамику процессов в режиме реального времени. Дифференциальные уравнения играют фундаментальную роль в системной динамике, выступая математическим аппаратом для описания скорости изменения накопителей. Накопитель (например, объём запасов, количество клиентов, капитал) описывается производной по времени, а потоки, изменяющие его состояние, формируют правую часть соответствующего дифференциального уравнения. Такой подход позволяет формализовать динамику ключевых бизнес-показателей, учитывать нелинейные зависимости, задержки и обратные связи. В результате создаётся математическая модель, способная прогнозировать поведение системы в ответ на изменение внутренних и внешних факторов, что является основой для поддержки принятия управленческих решений.

В имитационном моделировании бизнес-процессов чаще всего применяются следующие типы дифференциальных уравнений.

Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) описывают динамику переменных, зависящих от одной независимой переменной, как правило, времени. Они используются для моделирования изменения численности клиентов, объёмов запасов, финансовых потоков и уровня продаж. Классическим примером служит уравнение первого порядка $\frac{dy}{dt} = f(t, y)$, где y – переменная состояния, например, объём продаж, а t – время.

Линейные дифференциальные уравнения, имеющие вид $y' + p(t)y = q(t)$, применяются для описания процессов с постоянным или пропорциональным изменением показателей. Их основное преимущество – относительная простота решения и анализа.

Для моделирования более сложных и реалистичных бизнес-процессов, таких как насыщение рынка, эффект «сарафанного радио», логистический рост и взаимодействие конкурентов, используются **нелинейные дифференциальные уравнения**, включающие нелинейные зависимости между переменными и их производными. Типичным примером является логистическое уравнение $\frac{dt}{dy} = ry\,(1 - \frac{y}{K})$, где K – ёмкость рынка.

Когда необходимо описать взаимодействие нескольких взаимосвязанных бизнес-процессов, например, динамику спроса и предложения или конкуренцию между компаниями, применяются **системы обыкновенных дифференциальных уравнений**.

Для учёта элементов неопределённости, таких как колебания спроса или случайные внешние воздействия, в моделях используются **стохастические дифференциальные уравнения**, включающие случайные процессы.

Наконец, **дифференциальные уравнения с запаздыванием** позволяют учитывать временные лаги между причиной и следствием, например, задержку реакции рынка на рекламную кампанию.

В имитационном моделировании бизнес-процессов в среде AnyLogic и аналогичных системах наиболее востребованными являются обыкновенные (как линейные, так и нелинейные) дифференциальные уравнения, а также их системы. Такой подход позволяет формализовать динамику ключевых переменных, проводить сценарный анализ и принимать обоснованные управленческие решения [7].

Ограничения и проблемы применения дифференциальных уравнений в имитационном моделировании

Несмотря на эффективность, данный подход имеет ряд ограничений:

Проблема калибровки: получение достоверных значений параметров (p, q, сроки использования) из реальной практики затруднено. Данные часто неполны или зашумлены. Процесс калибровки требует больших объёмов исторических данных и применения методов оптимизации.

Интерпретируемость результатов: имитационное моделирование даёт набор численных результатов (временные ряды), а не аналитическую формулу. Установить строгую причинно-следственную связь между изменением одного параметра и итоговым результатом во всей системе бывает сложно из-за нелинейных обратных связей.

Техническая сложность: модели с большим числом накопителей и сложных нелинейных зависимостей требуют значительных вычислительных ресурсов и высокой квалификации разработчика для верификации и отладки.

Ограничения парадигмы: системная динамика плохо подходит для моделирования дискретных событий (например, заключение конкретного контракта), где предпочтительнее дискретно-событийное или агентное моделирование [8].

Модель диффузии инноваций, предложенная Фрэнком Бассом в 1969 году [9], является классическим примером применения дифференциальных уравнений для описания динамических процессов в маркетинге и экономике. Она формализует механизм распространения нового продукта на рынке, объединяя два ключевых эффекта: внешний (реклама) и внутренний (межличностное общение) (см. рисунок 1).

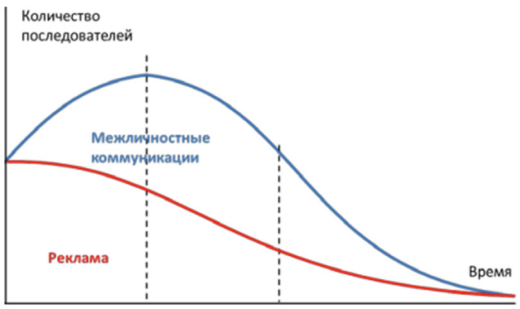


Рис. 1 – Диффузная модель Фрэнка Басса

Математическая формулировка

В основе модели лежит обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка, описывающее скорость изменения числа покупателей (усыновителей) продукта во времени.

Пусть:

- $A(t)$ – кумулятивное (накопленное) число покупателей продукта к моменту времени t.
- M – общий потенциал рынка (максимально возможное число покупателей).
- $(M–A(t))$ – число потенциальных покупателей, ещё не купивших продукт.

Скорость изменения числа покупателей $\frac{dA(t)}{dt}$ пропорциональна числу потенциальных покупателей. Коэффициент пропорциональности, в свою очередь, состоит из двух слагаемых, отражающих разные механизмы принятия решения о покупке:

$\frac{dA(t)}{dt} = (p + q\frac{A(t)}{M}) \cdot (M - A(t))$ (1)

Это уравнение можно также записать в виде:

$\frac{dA(t)}{dt} = (p + qF(t)) \cdot (1 - F(t)) \cdot M$ (2)

где $F(t) = \frac{A(t)}{M}$ – доля рынка, освоенная к моменту времени t.

Компоненты модели и их экономический смысл

Дифференциальное уравнение модели Басса объединяет два фундаментальных процесса:

Коэффициент инновации (p): Этот параметр описывает эффект внешней коммуникации, то есть влияние массовой рекламы, СМИ и других маркетинговых усилий компании. Он отражает вероятность того, что

потенциальный покупатель примет решение о покупке под влиянием внешних стимулов, независимо от того, сколько людей уже купили продукт. Слагаемое $p(M - A(t))$ в уравнении описывает поток новых клиентов, пришедших благодаря рекламе.

Коэффициент имитации (q): Этот параметр описывает эффект внутренней коммуникации или «сарафанного радио». Он отражает вероятность того, что потенциальный покупатель примет решение о покупке под влиянием друзей, коллег или других людей, уже владеющих продуктом. Этот эффект пропорционален как числу потенциальных покупателей $(M - A(t))$, так и вероятности контакта с текущим пользователем $\frac{A(t)}{M}$. Слагаемое $q\frac{A(t)}{M}(M - A(t))$ описывает поток клиентов, пришедших по рекомендации.

Решение уравнения и его интерпретация

Решением данного дифференциального уравнения является S-образная (сигмоидальная) кривая. Эта форма идеально описывает жизненный цикл многих инновационных продуктов.

- **Начальная фаза (медленный рост):** на старте $A(t)$ мало, поэтому эффект имитации (q) незначителен. Рост обеспечивается в основном за счет инновационного эффекта (p) – первых последователей и рекламы.
- **Фаза ускоренного роста:** по мере увеличения числа пользователей $A(t)$, эффект имитации начинает доминировать. Процесс распространения продукта ускоряется лавинообразно, так как каждый новый пользователь становится «агентом влияния» для других.
- **Фаза насыщения (замедление роста):** когда рынок близок к насыщению $(A(t) \to M)$, число потенциальных покупателей $(M - A(t))$ становится малым. Скорость роста замедляется и стремится к нулю.

Таким образом, использование дифференциального уравнения в модели Басса позволяет не просто описать конечный результат, но и понять внутреннюю механику процесса распространения инновации, выделив и количественно оценив вклад рекламы и межличностного общения в динамику продаж.

Имитационная модель распространения инновационного продукта в случае олигополистического рынка

На основе модели Басса была разработана имитационная модель для анализа рынка олигополии. Покажем применение дифференциальных уравнений на примере данной модели.

Инструментом для разработки имитационной модели был выбран пакет моделирования AnyLogic. В качестве самой подходящей для решения поставленных задач парадигмы для разработки имитационной модели деятельности торговой компании была выбрана системная динамика, которая наиболее приспособлена для создания крупных моделей с большим количеством элементов.

Описание дифференциального уравнения строится на основе взаимосвязи накопителя, потока и динамической переменной (или параметра). Накопитель непосредственно отражает производную, а динамическая переменная или параметр представляют собой компоненты правой части уравнения. Решение о выборе между динамической переменной и параметром определяется возможностью управления элементом: управляемые элементы обозначаются параметрами, в противном случае используются динамические переменные. В нашем случае с помощью накопителей и потоков будем моделировать распространение потребительского продукта как количество купившего его потребителей.

Поток моделирует правую часть дифференциального уравнения. Положительное значение правой части реализуется входящим потоком, отрицательное – исходящим. Поток характеризуется уравнением, зависящим от переменных и параметров, при этом необходимо установить связи от них к потоку. Если некоторая переменная или параметр ни от чего не зависит и не будет меняться, то в его свойствах следует пометить, что это константа. В случае зависимости параметра/динамической переменной от других параметров и/или динамических переменных, необходимо установить входящие связи от этих объектов к данному элементу. Затем в шаблоне уравнения, расположенном в свойствах, необходимо описать зависимость от всех входящих элементов.

Основным звеном модели являются потоковые диаграммы, которые отражают процессы покупок продуктов двух предприятий (см. рисунок 2).

В модели покупатели продукта каждого из двух предприятий условно названы adoptersA и adoptersB. Здесь и далее постфикс A имеют показатели, относящиеся к первому предприятию, а постфикс B – ко второму предприятию.

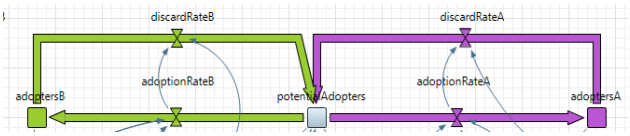


Рис. 2 – Потоковая диаграмма модели

Значение накопителя potentialAdopters отражает количество людей, которые не купили ни один продукт, но при этом имеют потенциальную возможность. Значение данной переменной задается дифференциальным уравнением (см. рисунок 3).

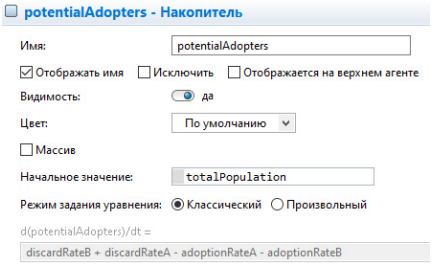


Рис. 3 – Свойства накопителя «potentialAdopters»

Накопители adoptersA (см. рисунок 4) и adoptersB отражают количество потребителей продукта каждого предприятия соответственно.

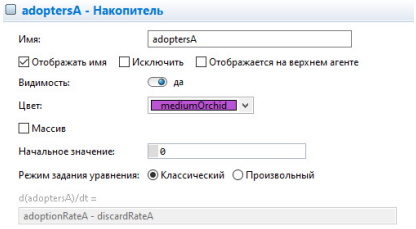


Рис. 4 – Дифференциальное уравнение, описывающее накопитель.

Составим уравнение для моделирования скорости покупки инновационного продукта: $AR_i = Adv_i + WOM_i$, где AR – число покупателей продукта за единицу времени, Adv – число покупателей продукта под влиянием рекламы, WOM – число покупателей под влиянием сарафанного радио, i – номер предприятия.

Рассмотрим отдельно каждую составляющую потока. На покупку под влиянием рекламы влияет показатель эффективности рекламы. Вместе с тем, на рынке олигополии поток покупки также распределяется исходя из занимаемой предприятием доли рынка. Таким образом, уравнение для моделирования скорости покупки под влиянием рекламы имеет следующий вид:

$$Adv_i = EffectAdv_i \cdot potAdopters \cdot maketShare_i, \quad (3)$$

где *EffectAdv* – показатель эффективности рекламы (от 0 до 1), *potAdopters* – количество потенциальных потребителей на рынке, *marketShare* – доля рынка. Эффективность рекламы является прямо пропорциональной величиной от затрат на рекламу предприятия.

На покупку под влиянием сарафанного радио влияют классические показатели – среднее число контактов и сила убеждения:

$$WOM_i = contactRate \cdot adoptionFraction_i \cdot potentialAdopters \cdot adopters_i / totalPopulation \cdot marketShare_i, \quad (4)$$

где *contactRate* – среднее число контактов, *adoptionFraction* – показатель силы убеждения, *adopters* – число покупателей, *totalPopulation* – общее число покупателей и потенциальных покупателей на рынке. Сила убеждения прямо пропорциональна затратам предприятия на качество продукта.

Помимо потока покупки в модели предусмотрен обратный поток – когда срок использования продукта подходит к концу и покупатель снова переходит в разряд потенциальных покупателей. Поток возврата полностью повторяет поток покупки с временной задержкой, которая прямо пропорциональна показателю качества продукта.

Количество покупателей каждого продукта определяется дифференциальным уравнением:

$$\frac{d(adopters_i)}{dt} = AR_i - DR_i, \quad (5)$$

где *DR* – обратный поток возврата покупателей в разряд потенциальных покупателей.

Уравнение зависимости потока от параметров описывается в свойствах потока (см. рисунок 5).

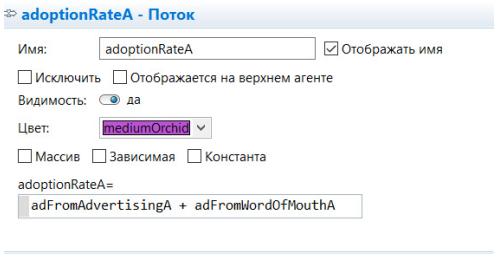


Рис. 5 – Свойства потока

Алгоритм функционирования имитационной модели полностью обусловлен составленными алгебраическими и дифференциальными уравнениями.

Таким образом, AnyLogic предоставляет удобные инструменты для тех, кто моделирует динамические системы. AnyLogic предлагает специальные элементы - динамические переменные для задания дифференциальных и алгебраических уравнений: накопитель – для дифференциальных уравнений и динамические переменные – для формул. На данный момент имитационное моделирование является базой для разработки инновационных технологий в области управления бизнесом, а развитие компьютерных технологий делает эту методику все доступнее широкому кругу специалистов. Имитационное моделирование позволяет учитывать максимальное количество факторов внешней среды, чтобы поддерживать принятие управленческих решений. Результаты имитации обеспечивают менеджера наиболее полной информацией о том, насколько ключевые факторы влияют на ожидаемый результат.

Литература

1. Олейникова, С. А. Моделирование: учебное пособие / С. А. Олейникова. – Воронеж: Издательство ВГТУ, 2020. – 126 с.
2. Кобелев, Н.Б. Имитационное моделирование. Учебник для разработчиков имитационных моделей и их пользователей / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков. – М.: КУРС: НИЦ Инфра-М, 2020.
3. Ефромеева, Е.В. Имитационное моделирование: основы практического применения в среде AnyLogic: учебное пособие / Е.В. Ефромеева, Н.М.Ефромеев. – Саратов: Вузовское образование, 2020. –120 с.
4. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика): [пер. с англ.] / Дж. Форрестер. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
5. Стерман, Дж. Д. Системная динамика: системное мышление и моделирование для сложного мира / Дж. Д. Стерман. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2020. – 512 с.
6. Варфоломеев, В. И. Управление бизнес-процессами: имитационное моделирование и оптимизация: учебное пособие / В. И. Варфоломеев, С. В. Назаров; под ред. В. И. Варфоломеева. – М.: ИНФРА-М, 2021.
7. Замков, О. О. Математические методы в экономике: учебник и практикум для вузов / О.О.Замков, А.В.Толстопятенко, Ю.Н.Черемных; под общ. ред. А.В.Сидоровича; МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Юрайт, 2024.
8. Киселёва, М. В. Имитационное моделирование в AnyLogic: учебное пособие / М.В.Киселёва, А.А.Сергеев; СПбГЭУ (ЛЭТИ). – СПб.: Лань, 2023.
9. Bass, F. M. A New Product Growth Model for Consumer Durables // Management Science. – 1969. – Vol. 15. – P. 215–227.
10. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с.
11. Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование: учебник и практикум для вузов / А. В. Королев. – М.: Юрайт, 2026. – 280 с.
12. Смирнов, А.Д. Лекции по макроэкономическому моделированию: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по экон. направлениям и специальностям / А. Д. Смирнов; Гос. ун-т. Высш. шк. экономики. – Москва: Гос. ун-т. Высш. шк. экономики, 2000.

Application of differential equations in simulation modeling of business processes in AnyLogic

Klimuk E.A.
V.I. Vernadsky Crimean Federal University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article examines the application of differential equations in business process simulation modeling using the example of an oligopoly market analysis in the AnyLogic environment. The relevance of the study stems from the need to support management decision-making in a dynamic external environment. The paper explores the theoretical foundations of system dynamics and the role of differential equations as a mathematical framework for describing the dynamics of accumulators. Based on F. Bass's innovation diffusion model, a simulation model has been developed that formalizes the dissemination of an innovative product, taking into account the effects of advertising and interpersonal communication. Particular attention is paid to the integration of classic marketing parameters – advertising effectiveness, persuasive power, and average number of contacts – into the structure of differential equations, allowing for a quantitative assessment of the contribution of each of these factors to market share dynamics. The practical significance of the developed methodology lies in the possibility of using it to optimize marketing budgets and forecast market share.

Keywords: simulation modeling, system dynamics, AnyLogic, differential equation, business process, Bass model, dynamic variable, oligopoly.

References

1. Oleynikova, S. A. Modeling: a tutorial / S. A. Oleynikova. - Voronezh: VSTU Publishing House, 2020. - 126 p.
2. Kobelev, N. B. Simulation Modeling. Textbook for developers of simulation models and their users / N. B. Kobelev, V. A. Polovnikov, V. V. Devyatkov. - Moscow: COURSE: NIC Infra-M, 2020.
3. Efromeeva, E. V. Simulation Modeling: Fundamentals of Practical Application in the AnyLogic Environment: a tutorial / E. V. Efromeeva, N. M. Efromeev. - Saratov: University Education, 2020. -120 p.
4. Forrester, J. Fundamentals of Enterprise Cybernetics (Industrial Dynamics): [trans. [from English] / J. Forrester. – Moscow: Progress, 1971. – 340 p.
5. Sterman, J. D. System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World / J. D. Sterman. – Moscow: Delo Publishing House, RANEPA, 2020. – 512 p.
6. Varfolomeev, V. I. Business Process Management: Simulation Modeling and Optimization: a tutorial / V. I. Varfolomeev, S. V. Nazarov; edited by V. I. Varfolomeev. – Moscow: INFRA-M, 2021.
7. Zamkov, O. O. Mathematical Methods in Economics: a textbook and practical course for universities / O. O. Zamkov, A. V. Tolstopiatenko, Yu. N. Cheremnykh; edited by A.V. Sidorovich; Lomonosov Moscow State University. – Moscow: Yurait, 2024.
8. Kiseleva, M. V. Simulation Modeling in AnyLogic: A Tutorial / M.V. Kiseleva, A.A. Sergeev; St. Petersburg State University of Economics (LETI). – St. Petersburg: Lan, 2023.
9. Bass, F. M. A New Product Growth Model for Consumer Durables // Management Science. – 1969. – Vol. 15. – P. 215–227.
10. Karpov, Yu. G. Simulation Modeling of Systems. Introduction to Modeling with AnyLogic 5 / Yu. G. Karpov. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. – 400 p.
11. Korolev, A. V. Economic and Mathematical Methods and Modeling: Textbook and Workshop for Universities / A. V. Korolev. - Moscow: Yurait, 2026. - 280 p.
12. Smirnov, A. D. Lectures on Macroeconomic Modeling: Textbook for University Students Studying in Economics Fields and Specialties / A. D. Smirnov; State University Higher School of Economics. - Moscow: State University Higher School of Economics, 2000.

Стилизованные факты финансовых временных рядов и их учет в моделях распределения доходностей

Колтышев Евгений Евгеньевич
аспирант, кафедра финансов и кредита, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, ee.koltyshev@mail.ru

Предположение о нормальном распределении доходностей финансовых активов, лежащее в основе классических моделей ценообразования и оценки рыночного риска, противоречит устойчивым эмпирическим закономерностям, наблюдаемым в реальных финансовых данных. В статье описаны стилизованные факты финансовых временных рядов — незначимость линейной автокорреляции доходностей, тяжёлые хвосты распределения доходности, отрицательная асимметрия доходности, кластеризация волатильности, долгая память, эффект рычага и агрегационная нормальность, — и раскрыта их методологическая роль как системы требований к моделям распределения доходностей, а также проанализирована способность различных моделей воспроизводить данные закономерности. Модели класса GARCH с негауссовскими остатками обеспечивают значительно более полное соответствие наблюдаемым закономерностям, чем стандартные модели, основанные на нормальном безусловном распределении доходностей, однако выбор конкретной спецификации должен определяться задачей исследования, горизонтом анализа и эмпирическими свойствами конкретного ряда доходностей.
Ключевые слова: стилизованные факты, моделирование доходности, волатильность, рыночный риск.

Введение

Классическая финансовая теория, в частности модель CAPM, формула Блэка–Шоулза, теория портфельной оптимизации Марковица, строится на предположении о нормальном распределении доходностей финансовых инструментов. Это допущение обеспечивает математическую стройность моделей, однако вступает в противоречие с наблюдаемыми свойствами реальных финансовых данных. Выбор корректной модели распределения доходностей имеет высокую значимость для прикладных задач: от него зависит точность оценок рыночного риска (VaR, Expected Shortfall), качество оценок справедливой стоимости производных финансовых инструментов и эффективность управления инвестиционным портфелем. Систематические ошибки в спецификации распределения приводят к недооценке хвостовых рисков — потерь, которые реализуются в периоды рыночных потрясений и наносят наибольший ущерб участникам рынка.

Несоответствие эмпирических данных нормальному распределению было продемонстрировано в работах Б. Мандельброта [18] и Ю. Фамы [10] ещё в 1960-х годах: авторы установили, что распределение доходностей на рынках акций и товарных активов характеризуется аномально высокой частотой экстремальных наблюдений по сравнению с моделью, основанной на нормальном распределении. Проблема, выявленная в работах [10; 18], получила широкую известность и стала предметом анализа большого количества исследований. Помимо тяжёлых хвостов, в финансовых временных рядах обнаружена совокупность эмпирических закономерностей, определяемых в литературе как «стилизованные факты»: кластеризация волатильности, асимметричная реакция рынка на положительные и отрицательные шоки, долгосрочная автокорреляция в структуре условной дисперсии, отрицательная асимметрия распределения доходностей фондовых активов. Универсальность этих закономерностей для различных активов, финансовых рынков и временных периодов свидетельствует об их фундаментальном, а не конъюнктурном характере.

Систематическое описание стилизованных фактов, предложенное в работе [6], сформировало методологическую основу для разработки и верификации моделей распределения с учетом данных эмпирических закономерностей. Выявленные стилизованные факты в значительной степени определили направление развития финансовой эконометрики в течение последних десятилетий — от применения параметрических распределений с тяжёлыми хвостами до моделей временной изменчивости волатильности с негауссовскими остатками.

Цель настоящей статьи состоит в характеристике стилизованных фактов финансовых временных рядов и анализе различных моделей в отношении способности адекватно воспроизвести наблюдаемые закономерности. Статья организована следующим образом: в разделе 1 рассматриваются определение и методологическая роль стилизованных фактов; раздел 2 содержит развёрнутую характеристику стилизованных фактов и описание моделей, учитывающих соответствующие эмпирические закономерности; в заключении подводятся итоги и обозначаются направления дальнейших исследований.

1. Стилизованные факты: определение и методологическая роль

Термин «стилизованные факты» был введён в научный оборот британским экономистом Николасом Калдором в 1961 году применительно к макроэкономическим закономерностям долгосрочного роста [16]. Н. Калдор использовал это понятие для обозначения эмпирических закономерностей, которые наблюдаются достаточно устойчиво, чтобы учитываться при построении теоретических и прикладных моделей, однако не претендуют на статус универсальных законов. В финансовой экономике данный термин получил самостоятельное развитие и приобрёл более строгое содержание: под стилизованными фактами финансовых временных рядов понимается совокупность статистических свойств, устойчиво наблюдаемых в данных о ценах или доходностях финансовых активов вне зависимости от рынка и рассматриваемого временного периода [6].

Важно разграничить методологический статус стилизованных фактов и смежных понятий. Стилизованные факты не являются теоремами или следствиями теоретических моделей — напротив, они представляют собой индуктивные обобщения, полученные в результате анализа массива эмпирических наблюдений. Стилизованные факты не выводятся из набора аксиоматических предпосылок, а констатируют наблюдаемые

эмпирические закономерности вне зависимости от наличия теоретического объяснения данных наблюдений. Именно поэтому стилизованные факты выполняют особую функцию в структуре финансовой науки: служат эмпирическим базисом, которому теоретические модели должны соответствовать.

Таким образом, методологическая роль стилизованных фактов заключается в формировании системы требований к моделям: теоретическая модель распределения доходностей, не способная воспроизвести наблюдаемые закономерности, должна быть признана неадекватной даже при наличии достоинств в виде простоты, аналитического удобства или широкой распространённости на практике. В работе [6] предлагается рассматривать стилизованные факты в качестве минимального набора свойств, которым должна удовлетворять реалистичная модель финансовых доходностей. В этом смысле стилизованные факты выполняют роль инструмента валидации, позволяя отсеивать модели, которые, будучи математически состоятельными, тем не менее описывают реальность некорректно.

Эмпирическая устойчивость стилизованных фактов в части финансовых доходностей подтверждена на данных широкого круга рынков и активов. В частности, тяжёлые хвосты распределения доходностей зафиксированы на рынках акций [8; 10], валютных рынках [12], рынках процентных ставок [20] и товарных рынках [18]. Кластеризация волатильности и эффект рычага воспроизводятся на данных фондовых рынков различных стран [9; 2]. Данное обстоятельство принципиально отличает стилизованные факты от локальных аномалий или особенностей конкретной выборки и свидетельствует о том, что их природа определяется общими механизмами функционирования финансовых рынков, а не специфическими характеристиками отдельных инструментов.

Для выявления и верификации стилизованных фактов используется стандартный набор статистических инструментов. Анализ формы распределения доходностей опирается на оценку коэффициентов асимметрии и эксцесса, а также на тесты на нормальность — критерий Харке–Бера, критерий Колмогорова–Смирнова, критерий Андерсона–Дарлинга. Структура зависимости во времени исследуется с помощью функций автокорреляции (ACF) как самих доходностей, так и их абсолютных значений и квадратов. Форма хвостов распределения определяется на основе хвостового индекса, в частности с применением оценки Хилла. Графические методы (Q-Q графики, гистограммы с наложенными теоретическими плотностями и прочие) дополняют формальные тесты и позволяют продемонстрировать расхождение между стандартными моделями, основанными на нормальном распределении доходности, и эмпирическими данными.

2. Основные стилизованные факты финансовых временных рядов

2.1. Отсутствие линейной автокорреляции доходностей

Одним из наиболее воспроизводимых свойств финансовых временных рядов является отсутствие значимой линейной автокорреляции доходностей на лагах больше нескольких минут. Иными словами, знание доходности актива в момент времени t не несёт статистически значимой информации о доходности в момент t+k при $k \geq 1$ на дневных и более низкочастотных данных.

Данное свойство согласуется с гипотезой эффективного рынка в слабой форме [11]: если бы линейная автокорреляция существовала, участники рынка эксплуатировали бы её в качестве торговой стратегии, и арбитражное давление устраняло бы её практически мгновенно. В этом смысле отсутствие значимой автокорреляции доходностей можно интерпретировать как свидетельство конкурентного характера современных финансовых рынков.

Следует отметить, что на внутридневных данных высокой частоты часто наблюдается отрицательная автокорреляция, что объясняется «прыжками» цен между ценами bid и ask (bid-ask bounce). Таким образом, данный эффект обусловливается микроструктурой рынка, а не содержательной закономерностью. Кроме того, отсутствие линейной автокорреляции не означает отсутствия зависимости вообще: в частности, квадраты и абсолютные значения доходностей демонстрируют выраженную и устойчивую автокорреляцию, что указывает на существование нелинейной зависимости, которая не улавливается стандартной мерой линейной корреляции, но имеет принципиальное значение для моделирования.

2.2. Тяжёлые хвосты распределения доходностей

Тяжёлые хвосты распределения доходностей — наиболее изученный и значимый с прикладной точки зрения стилизованный факт. Эффект тяжелых хвостов состоит в следующем: вероятность реализации экстремальных доходностей — как положительных, так и отрицательных — существенно превышает ту, которую предсказывает нормальное распределение с аналогичными значениями параметров математического ожидания и дисперсии. Статистически данный факт проявляется в положительном эксцессе распределения доходностей: для дневных данных типичные значения составляют от 4 и выше, тогда как нормальное распределение имеет нулевой коэффициент эксцесса (в форме Фишера).

Хвосты фактического распределения доходности подчиняются степенному либо экспоненциальному закону убывания, что принципиально отличает эмпирическое распределение доходностей от нормального, хвосты которого убывают квадратично-экспоненциально — то есть гораздо быстрее.

Прикладная значимость этого стилизованного факта особенно выражена в области риск-менеджмента. Модели Value at Risk (VaR) и Expected Shortfall (ES), основанные на нормальном распределении, систематически занижают величину рыночного риска вследствие существенной недооценки вероятности экстремальных движений рынка. По этой причине в периоды финансовых кризисов стандартные риск-модели, калиброванные на нормальном распределении, часто формировали заниженные оценки потенциальных потерь, что, в свою очередь, могло приводить к недостаточности капитала под рыночный риск, дефициту ликвидности и банкротству участников финансовых рынков.

2.3. Асимметрия распределения доходностей

Помимо тяжёлых хвостов, распределение доходностей акций и фондовых индексов, как правило, характеризуется отрицательной асимметрией: левый хвост распределения (область больших потерь) тяжелее правого, соответственно значительные падения цен происходят чаще и носят более резкий характер, чем сопоставимые по масштабу положительные шоки [6].

Природа данного явления связана с асимметрией поведения участников рынка. Негативные новости, как правило, вызывают более быструю и интенсивную реакцию, чем позитивные: инвесторы, стремясь ограничить убытки, оперативно ликвидируют позиции, тогда как накопление позиций в условиях благоприятной конъюнктуры происходит постепенно. На уровне рынка это порождает асимметрию в скорости и масштабе изменений цен в разных направлениях.

Отрицательная асимметрия не является универсальной характеристикой всех классов финансовых активов. Для товарных активов, в частности нефти и базовых металлов, асимметрия часто положительна или близка к нулю. На валютных рынках знак и величина асимметрии зависят от конкретной валютной пары и рассматриваемого периода. Таким образом, при разработке модели распределения доходности параметр асимметрии должен оцениваться для каждого актива и временного горизонта индивидуально.

2.4. Кластеризация волатильности

Кластеризация волатильности — это свойство финансовых временных рядов, состоящее в том, что периоды высокой волатильности, как правило, следуют за периодами высокой волатильности, а периоды низкой волатильности — группируются во времени. Данный эффект был впервые описан в работе [18].

В статистическом смысле кластеризация волатильности проявляется в виде значимой положительной автокорреляции квадратов и модулей доходностей. В отличие от самих доходностей, которые практически не демонстрируют автокорреляции, $|r_t|$ и r_t^2 имеют автокорреляционную функцию, остающуюся положительной и статистически значимой на лагах до нескольких сотен торговых дней. Кластеризация волатильности представляет собой проявление нелинейной временной зависимости, не проявляющейся в пространстве доходностей, но идентифицируемой в пространстве их вторых моментов.

Этот стилизованный факт имеет принципиальное значение для моделирования доходности в рамках оценки справедливой стоимости деривативов и риск-менеджмента, поскольку требует учета и описания структуры временной изменчивости волатильности. Кластеризация волатильности является теоретическим обоснованием для класса моделей авторегрессионной условной гетероскедастичности (ARCH), предложенных в работах [4; 9] и множестве расширений данных моделей. Этот класс моделей строится на предпосылке о зависимости условной дисперсии доходностей от прошлых квадратов доходностей и прошлых значений условной дисперсии.

2.5. Долгая память волатильности

Автокорреляционная функция абсолютных значений и квадратов доходностей «затухает» иначе, чем стандартные стационарные про-

цессы. В процессах типа ARMA автокорреляция убывает экспоненциально, достигая пренебрежимо малых значений уже на лагах в несколько десятков наблюдений. В реальных рядах доходностей автокорреляция волатильности убывает гиперболически (то есть значительно медленнее) и остаётся статистически значимой на лагах в сотни и даже тысячи торговых дней [7]. Данное свойство получило название долгой памяти.

Долгая память волатильности является существенной для прикладных задач, поскольку означает, что шоки волатильности имеют долгосрочные последствия: рынок может возвращаться к «нормальному» уровню волатильности значительно медленнее, чем предсказывают стандартные модели. Стандартные модели GARCH, строго говоря, не воспроизводят долгую память, предполагая экспоненциально убывающую автокорреляцию волатильности. Для корректного описания долгой памяти были разработаны специальные модели — FIGARCH [1] и FIEGARCH [5]. Спецификации уравнения условной дисперсии данных моделей включают дробное дифференцирование и, соответственно, моделируют долгую память.

Эффект долгой памяти в реальных данных может не являться значимым и/или устойчивым, в таком случае стандартные модели GARCH могут обеспечивать более высокую точность прогнозирования волатильности, чем модели FIGARCH и FIEGARCH. Как правило, эффект долгой памяти является наиболее значимым для внутридневных доходностей. Для тестирования эффекта долгой памяти используется параметр Херста [15], R/S тест Ло [17], V/S тест [13] и ряд других статистических методов.

2.6. Эффект «рычага»

Эффект «рычага» состоит в отрицательной корреляции между текущей доходностью актива и последующей волатильностью: падение цены, как правило, ведёт к росту волатильности, тогда как рост цены сопровождается снижением волатильности. Данная асимметрия была впервые описана в работе [3] и обоснована через механизм финансового рычага (leverage): снижение рыночной стоимости компании увеличивает отношение долга к собственному капиталу, что делает акции компании более рискованными и, следовательно, более волатильными.

Стандартные модели класса GARCH являются симметричными и неспособны воспроизвести эффект рычага: квадраты положительных и отрицательных доходностей оказывают одинаковое влияние на условную дисперсию. Для преодоления этого ограничения был разработан ряд асимметричных спецификаций. Модель EGARCH, предложенная [19], использует логарифм условной дисперсии в качестве зависимой переменной и допускает асимметричный отклик волатильности на шоки разного знака. Модель GJR-GARCH, разработанная [14], вводит в уравнение условной дисперсии дополнительный фактор для отрицательных шоков. Оба подхода широко используются в прикладных исследованиях. Для отдельных акций и фондовых индексов эффект асимметрии может не являться значимым ввиду доминирования иных детерминант волатильности — в таком случае симметричные модели GARCH могут обеспечивать более высокую точность прогнозирования волатильности вне выборки.

2.7. Агрегационная нормальность

Свойство агрегационной нормальности (Aggregational Gaussianity) состоит в сходимости распределения доходностей к нормальному виду при временной агрегации. При переходе от доходностей высокой частоты к доходностям за более длительные периоды распределение постепенно приближается к нормальному. Дневные доходности, как правило, характеризуются значительным положительным эксцессом и отрицательной асимметрией, недельные доходности демонстрируют менее выраженные отклонения от нормальности, на горизонте месяца и квартала гипотеза о нормальности эмпирического распределения часто не отвергается стандартными тестами [6].

Этот стилизованный факт может объясняться через центральную предельную теорему: доходность за период является суммой доходностей за входящие в него подпериоды, и при достаточном числе слагаемых распределение суммы стремится к нормальному при выполнении условий регулярности. Такое обоснование имеет существенное ограничение: оно является корректным лишь при условии независимости слагаемых, тогда как кластеризация и долгая память волатильности нарушают это условие. Кроме того, при расчете стандартных месячных доходностей на длинных временных интервалах могут сглаживаться скачки котировок внутри этих интервалов.

Свойство агрегационной нормальности имеет существенную прикладную значимость, поскольку диктует зависимость выбора модели распределения от временного горизонта анализа. Нормальное распределение может быть приемлемым приближением для оценки рисков на горизонте нескольких месяцев, однако является нерелевантным для однодневного или недельного горизонта, на котором тяжёлые хвосты и асимметрия наиболее выражены.

2.8. Взаимосвязь стилизованных фактов

Рассмотренные закономерности не являются независимыми друг от друга. Между ними существуют содержательные связи, которые важно учитывать как при интерпретации эмпирических результатов, так и при построении моделей. Как кластеризация волатильности, так и долгая память представляют собой проявления временной зависимости в структуре второго момента распределения доходностей, но на разных горизонтах. Эффект рычага и отрицательная асимметрия распределения доходности взаимосвязаны: асимметричная реакция волатильности на шоки разного знака порождает отрицательную асимметрию в безусловном распределении доходностей. Агрегационная нормальность, в свою очередь, является следствием того, что тяжёлые хвосты и кластеризация волатильности становятся менее выраженными по мере увеличения горизонта и «сглаживания» краткосрочных шоков.

Ввиду взаимосвязи между стилизованными фактами адекватная модель распределения доходностей должна учитывать не отдельные эмпирические закономерности, а всю их совокупность как систему. Попытка описать, например, только тяжёлые хвосты при игнорировании кластеризации волатильности приведёт к модели, которая верно описывает безусловное распределение, но даёт ошибочные условные оценки риска. Моделирование распределения доходностей требует системного подхода, основанного на полной картине эмпирических свойств рассматриваемых рядов. Для описания рассмотренной системы стилизованных фактов могут применяться модели класса GARCH с негауссовскими остатками. При этом, единой универсальной спецификации не существует. Выбор спецификации модели условной волатильности и функции распределения стандартизированных остатков должен определяться задачей исследования, горизонтом анализа, а также уникальными особенностями конкретного актива.

Выводы и заключение

Проведённый анализ позволяет сформулировать ряд выводов, значимых как в теоретическом, так и в прикладном отношении.

Стилизованные факты финансовых временных рядов представляют собой не локальные аномалии отдельных рынков, а универсальные эмпирические закономерности, воспроизводящиеся на различных классах активов, географических рынках и временных горизонтах. Их методологическая роль состоит в формировании системы требований к моделям распределения доходностей: модель, не воспроизводящая наблюдаемые закономерности, должна быть признана неадекватной вне зависимости от её математических достоинств.

Совокупность рассмотренных стилизованных фактов — тяжёлые хвосты, отрицательная асимметрия доходности, кластеризация волатильности, долгая память, эффект рычага и агрегационная нормальность — образует взаимосвязанную систему. Адекватная модель распределения доходностей должна учитывать данные закономерности в совокупности, а не по отдельности. Нормальное распределение не удовлетворяет этому требованию: оно не воспроизводит ни одного из ключевых стилизованных фактов, за исключением агрегационной нормальности на длинных горизонтах, и потому является нерелевантным для оценки хвостовых рисков. Модели класса GARCH с негауссовскими остатками обеспечивают значительно более полное соответствие наблюдаемым закономерностям, хотя выбор конкретной спецификации определяется задачей исследования и горизонтом анализа.

Практический вывод, следующий из проведённого анализа, состоит в том, что выбор модели распределения доходностей не может быть произвольным или продиктованным соображениями вычислительного удобства, а должен основываться на предварительной диагностике эмпирических свойств конкретного ряда доходностей. Такой подход является необходимым условием получения корректных оценок рыночного риска и справедливой стоимости производных финансовых инструментов. Перспективным направлением для дальнейших исследований с точки зрения автора является эмпирическая верификация и сравнительный анализ результатов различных моделей распределения доходностей на данных российского финансового рынка с целью разработки рекомендаций по оценке рыночного риска и оценке справедливой стоимости деривативов.

Литература

1. Baillie R. T., Bollerslev T., Mikkelsen H. O. Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of

Econometrics. 1996. Vol. 74. № 1. P. 3–30. DOI: 10.1016/S0304-4076(95)01749-6.

2. Bekaert G., Wu G. Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets // The Review of Financial Studies. 2000. Vol. 13. № 1. P. 1–42. DOI: 10.1093/rfs/13.1.1.

3. Black F. Studies of Stock Price Volatility Changes // Proceedings from the American Statistical Association, Business and Economic Statistics Section. 1976. P. 177–181.

4. Bollerslev T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1986. Vol. 31. № 3. P. 307–327. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90063-1.

5. Bollerslev T., Mikkelsen H. O. Modeling and Pricing Long Memory in Stock Market Volatility // Journal of Econometrics. 1996. Vol. 73. № 1. P. 151–184. DOI: 10.1016/0304-4076(95)01736-4.

6. Cont R. Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues // Quantitative Finance. 2001. Vol. 1. № 2. P. 223–236. DOI: 10.1080/713665670.

7. Ding Z., Granger C. W. J., Engle R. F. A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model // Journal of Empirical Finance. 1993. Vol. 1. № 1. P. 83–106. DOI: 10.1016/0927-5398(93)90006-D.

8. Eberlein E., Keller U. Hyperbolic Distributions in Finance // Bernoulli. 1995. Vol. 1. № 3. P. 281–299. DOI: 10.2307/3318481.

9. Engle R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation // Econometrica. 1982. Vol. 50. № 4. P. 987–1007. DOI: 10.2307/1912773.

10. Fama E. F. The Behavior of Stock-Market Prices // The Journal of Business. 1965. Vol. 38. № 1. P. 34–105. DOI: 10.1086/294743.

11. Fama E. F. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work // The Journal of Finance. 1970. Vol. 25. № 2. P. 383–417. DOI: 10.2307/2325486.

12. Friedman D., Vandersteel S. Short-Run Fluctuations in Foreign Exchange Rates: Evidence from the Data 1973–79 // Journal of International Economics. 1982. Vol. 13. № 1–2. P. 171–186. DOI: 10.1016/0022-1996(82)90012-5.

13. Giraitis L., Kokoszka P., Leipus R., Teyssiere G. Rescaled Variance and Related Tests for Long Memory in Volatility and Levels // Journal of Econometrics. 2003. Vol. 112. № 2. P. 265–294. DOI: 10.1016/S0304-4076(02)00197-5.

14. Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks // The Journal of Finance. 1993. Vol. 48. № 5. P. 1779–1801. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x.

15. Hurst H. E. Long-Term Storage Capacity of Reservoirs // Transactions of the American Society of Civil Engineers. 1951. Vol. 116. P. 770–799.

16. Kaldor N. Capital Accumulation and Economic Growth // The Theory of Capital / ed. by F. A. Lutz, D. C. Hague. London : Macmillan, 1961. P. 177–222. DOI: 10.1007/978-1-349-08452-4_10.

17. Lo A. W. Long-Term Memory in Stock Market Prices // Econometrica. 1991. Vol. 59. № 5. P. 1279–1313. DOI: 10.2307/2938368.

18. Mandelbrot B. The Variation of Certain Speculative Prices // Journal of Business. 1963. Vol. 36. № 4. P. 394–419. DOI: 10.1086/294632.

19. Nelson D. B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach // Econometrica. 1991. Vol. 59. № 2. P. 347–370. DOI: 10.2307/2938260.

20. Pesaran B., Robinson G. The Statistical Distribution of Short-Term Libor Rates under Two Monetary Regimes // Bank of England Working Papers. 1993. № 16.

Stylized Facts of Financial Time Series and Their Incorporation into Return Distribution Models

Koltyshev E.E.
Lomonosov Moscow State University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The assumption of normally distributed asset returns, which underlies classical pricing and market risk assessment models, is inconsistent with robust empirical regularities observed in financial data. This article systematizes the stylized facts of financial time series — the absence of significant linear autocorrelation in returns, heavy tails of the return distribution, negative skewness, volatility clustering, long memory, the leverage effect, and aggregational aggregational Gaussianity — and clarifies their methodological role as a system of requirements for return distribution models, while also analyzing the ability of various models to reproduce these regularities. GARCH-family models with non-Gaussian innovations provide substantially better conformity with the observed empirical regularities than standard models based on the unconditional normal distribution of returns. However, the choice of a specific model specification should be guided by the research objective, the time horizon of analysis, and the empirical properties of the particular return series under consideration.

Keywords: stylized facts, modeling of returns, volatility, market risk.

References

1. Baillie R. T., Bollerslev T., Mikkelsen H. O. Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1996. Vol. 74. № 1. P. 3–30. DOI: 10.1016/S0304-4076(95)01749-6.
2. Bekaert G., Wu G. Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets // The Review of Financial Studies. 2000. Vol. 13. № 1. P. 1–42. DOI: 10.1093/rfs/13.1.1.
3. Black F. Studies of Stock Price Volatility Changes // Proceedings from the American Statistical Association, Business and Economic Statistics Section. 1976. P. 177–181.
4. Bollerslev T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // Journal of Econometrics. 1986. Vol. 31. № 3. P. 307–327. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90063-1.
5. Bollerslev T., Mikkelsen H. O. Modeling and Pricing Long Memory in Stock Market Volatility // Journal of Econometrics. 1996. Vol. 73. № 1. P. 151–184. DOI: 10.1016/0304-4076(95)01736-4.
6. Cont R. Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues // Quantitative Finance. 2001. Vol. 1. № 2. P. 223–236. DOI: 10.1080/713665670.
7. Ding Z., Granger C. W. J., Engle R. F. A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model // Journal of Empirical Finance. 1993. Vol. 1. № 1. P. 83–106. DOI: 10.1016/0927-5398(93)90006-D.
8. Eberlein E., Keller U. Hyperbolic Distributions in Finance // Bernoulli. 1995. Vol. 1. № 3. P. 281–299. DOI: 10.2307/3318481.
9. Engle R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation // Econometrica. 1982. Vol. 50. № 4. P. 987–1007. DOI: 10.2307/1912773.
10. Fama E. F. The Behavior of Stock-Market Prices // The Journal of Business. 1965. Vol. 38. № 1. P. 34–105. DOI: 10.1086/294743.
11. Fama E. F. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work // The Journal of Finance. 1970. Vol. 25. № 2. P. 383–417. DOI: 10.2307/2325486.
12. Friedman D., Vandersteel S. Short-Run Fluctuations in Foreign Exchange Rates: Evidence from the Data 1973–79 // Journal of International Economics. 1982. Vol. 13. № 1–2. P. 171–186. DOI: 10.1016/0022-1996(82)90012-5.
13. Giraitis L., Kokoszka P., Leipus R., Teyssiere G. Rescaled Variance and Related Tests for Long Memory in Volatility and Levels // Journal of Econometrics. 2003. Vol. 112. № 2. P. 265–294. DOI: 10.1016/S0304-4076(02)00197-5.
14. Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks // The Journal of Finance. 1993. Vol. 48. № 5. P. 1779–1801. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x.
15. Hurst H. E. Long-Term Storage Capacity of Reservoirs // Transactions of the American Society of Civil Engineers. 1951. Vol. 116. P. 770–799.
16. Kaldor N. Capital Accumulation and Economic Growth // The Theory of Capital / ed. by F. A. Lutz, D. C. Hague. London : Macmillan, 1961. P. 177–222. DOI: 10.1007/978-1-349-08452-4_10.
17. Lo A. W. Long-Term Memory in Stock Market Prices // Econometrica. 1991. Vol. 59. № 5. P. 1279–1313. DOI: 10.2307/2938368.
18. Mandelbrot B. The Variation of Certain Speculative Prices // Journal of Business. 1963. Vol. 36. № 4. P. 394–419. DOI: 10.1086/294632.
19. Nelson D. B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach // Econometrica. 1991. Vol. 59. № 2. P. 347–370. DOI: 10.2307/2938260.
20. Pesaran B., Robinson G. The Statistical Distribution of Short-Term Libor Rates under Two Monetary Regimes // Bank of England Working Papers. 1993. № 16.

Большие данные как инструмент инновационной трансформации методологии экономических исследований

Крылов Алексей Борисович
аспирант, факультет информационных технологий, Университет «Синергия», Alexey.b.krylov@gmail.com

В статье рассматриваются большие данные как фактор инновационной трансформации методологии экономических исследований. Обоснована необходимость перехода от фрагментарного использования цифровых источников информации к целостному исследовательскому контуру, включающему сбор, очистку, структурирование, моделирование, интерпретацию и верификацию данных. Показано, что методологическая значимость больших данных определяется не только масштабом обрабатываемых массивов, но и возможностью интеграции структурированной и неструктурированной информации, применения алгоритмов интеллектуального анализа, машинного обучения, кластеризации, классификации, регрессионного анализа и анализа временных рядов. Особое внимание уделено гибридизации традиционных экономико-статистических методов и цифровой аналитики, позволяющей повысить оперативность, точность и прогностический потенциал экономического исследования без отказа от процедур научной проверки и экономической интерпретации результатов. Раскрыто значение больших данных для анализа динамичных социально-экономических процессов, выявления скрытых закономерностей, оценки поведенческих сигналов и формирования более обоснованных управленческих выводов. Сделан вывод о том, что большие данные выступают не вспомогательным технологическим ресурсом, а самостоятельным методологическим основанием развития современной экономической науки, усиливающим ее аналитическую глубину, прикладную значимость и способность реагировать на изменения цифровой среды.
Ключевые слова: большие данные, методология экономических исследований, цифровая аналитика, экономико-статистические методы, машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, инновационная трансформация.

Введение

Экономические исследования все чаще сталкиваются с ситуацией, когда привычная статистическая база уже не успевает за реальными изменениями. Рынок труда, потребительский спрос, финансовые потоки и поведение компаний меняются быстрее, чем обновляются многие официальные показатели. Поэтому интерес к большим данным связан не только с ростом объема информации, но и с попыткой увидеть экономические процессы ближе к моменту их возникновения. Данные становятся не приложением к исследованию, а его рабочей средой.

В современных работах цифровая экономика все чаще описывается через экономику данных, где ценность создается не самим фактом накопления информации, а способностью извлекать из нее проверяемые выводы [6, с. 5]. Для экономической науки это принципиальный сдвиг. Исследователь получает доступ не только к агрегированным статистическим рядам, но и к цифровым следам поведения людей, компаний и платформ. Такая информация помогает выявлять связи, которые плохо видны в традиционных выборках, особенно при анализе нестабильных и быстро меняющихся рынков.

При этом большие данные не отменяют классические экономико-статистические методы. Напротив, они требуют их более аккуратного сочетания с алгоритмами интеллектуального анализа, машинного обучения и визуальной аналитики. Применение *Data Mining* уже рассматривается как способ повысить качество контроля и выявления нестандартных экономических ситуаций [10, с. 3256]. Похожие задачи решают технологии *Data Lake*, позволяющие объединять разнородные массивы и использовать их для повышения эффективности управленческих решений [4, с. 1382]. В финансовом секторе большие данные ценны прежде всего из-за возможности быстрее оценивать риски, клиентское поведение и рыночные сигналы [11, с. 182].

Проблема состоит не в том, чтобы заменить экономиста алгоритмом. Более важная задача заключается в построении такой методологии, при которой цифровые методы усиливают исследовательскую логику, а не подменяют ее набором технических процедур. Поэтому цель статьи состоит в раскрытии больших данных как инструмента инновационной трансформации методологии экономических исследований, основанной на соединении цифровой аналитики, экономической интерпретации и проверки полученных результатов.

Материалы и методы исследований

Методологическую основу статьи составили системный, сравнительный и функциональный подходы. Системный подход позволил рассмотреть большие данные не как отдельный технологический инструмент, а как элемент изменения методологии экономического анализа. Сравнительный подход использован для сопоставления традиционных экономико-статистических методов и цифровых методов обработки данных. Функциональный подход применен при выявлении роли Big Data в повышении оперативности, точности и прогностической ценности исследования. В работе также использованы методы анализа и синтеза, научного обобщения, классификации, контент-анализа публикаций и логической интерпретации результатов. Такой набор методов позволил раскрыть большие данные как фактор инновационного развития современной экономической науки.

Результаты и обсуждения

Большие данные меняют исследовательскую логику экономического анализа, поскольку традиционная статистическая оптика все слабее подходит для процессов, разворачивающихся почти в реальном времени. Рынок труда, потребительский спрос, финансовые транзакции, логистика, платформенная занятость и поведение пользователей оставляют цифровые следы раньше, чем попадают в официальную отчетность. Поэтому исследователь уже не ограничивается готовыми агрегатами, опубликованными через месяцы или кварталы. Он получает доступ к потокам сведений, отражающих текущую экономическую жизнь, включая онлайн-запросы, платежи, вакансии, резюме, отзывы, геолокационные сигналы и данные цифровых платформ. Такая база усложняет работу, но делает выводы ближе к реальности [1, с. 5].

Особенность больших данных не сводится к их количеству. Гораздо важнее другое: они обновляются быстро, поступают из разных источников и позволяют сопоставлять между собой факты, которые раньше рассматривались раздельно. Официальная статистика хорошо показывает

общую картину, но часто сглаживает детали и приходит уже после того, как рынок успел измениться. Цифровые данные дают возможность уловить более мелкие сдвиги: как меняется интерес к отдельным профессиям, как покупатели реагируют на цену, где появляются необычные финансовые операции, как меняются ожидания участников рынка. Поэтому экономический анализ постепенно смещается от спокойного описания уже прошедших событий к более живому наблюдению за процессами, развивающимися здесь и сейчас. При этом данные остаются сырьем, а не готовым знанием. Без очистки, проверки, сопоставления и экономической интерпретации даже самый большой массив легко превращается в шум. Поэтому роль исследователя не исчезает, а становится более ответственной: он должен понимать источник данных, ограничения выборки, контекст появления цифрового следа и допустимые границы вывода [2, с. 132].

Для статьи логично представить этот переход через схему, показывающую сдвиг от ретроспективной модели анализа к цифровой модели, основанной на более гибкой работе с источниками. Такая визуализация помогает избежать абстрактного рассуждения и показывает, где именно меняется методология. В традиционной модели исследователь идет от официальной статистики к расчету показателей и последующей интерпретации. В цифровой модели он сначала работает с множественными потоками данных, затем очищает и структурирует их, применяет алгоритмы анализа, проверяет результат экономико-статистическими методами и только после этого формулирует вывод. Это не отмена классического анализа, а расширение его рабочей базы [3, с. 1382] (см. рис. 1).

Рисунок 1 – Изменение исследовательской логики экономического анализа под влиянием больших данных

Предложенная схема показывает, почему большие данные нельзя воспринимать как обычное увеличение информационной базы. Меняется сама последовательность исследования. Если раньше аналитик чаще работал с уже упорядоченными показателями, то теперь он включается в процесс намного раньше, начиная с выбора источника и оценки качества данных. На этом этапе возникают риски: неполнота массива, смещение выборки, дубли, ошибки, неравномерность цифрового охвата разных групп населения. Однако, при грамотной настройке методики эти риски контролируются, а исследование получает преимущество по скорости и детализации. В работах по интеллектуальному анализу данных это особенно заметно. Н. М. Степаненкова и М. А. Степаненкова отмечают, что «применение статистических методов и средств автоматизации расчетов позволили выявить нестандартные элементы в выборке финансовых данных» [цит. по: 4, с. 3257] (см. табл. 1).

Таблица 1
Сравнительная характеристика традиционной и цифровой методологии экономического исследования

Критерий сравнения	Традиционная методология	Цифровая методология на основе больших данных
Основные источники данных	официальная статистика, отчеты, выборочные обследования	цифровые следы, транзакции, платформенные данные, тексты, геоданные
Скорость обновления	низкая или средняя, часто с временным лагом	высокая, возможна работа с потоками почти в реальном времени
Детализация анализа	агрегированные показатели, укрупненные группы	поведенческие сегменты, микроданные, индивидуализированные паттерны
Тип анализа	описательный и ретроспективный	диагностический, предиктивный, сценарный
Возможности прогнозирования	зависят от устойчивости прошлых рядов	усиливаются за счет машинного обучения и выявления скрытых связей
Основные ограничения	запаздывание, ограниченная выборка, усреднение	качество данных, шум, смещение выборки, непрозрачность алгоритмов
Роль исследователя	расчет и интерпретация готовых показателей	выбор источников, очистка, настройка модели, проверка и объяснение результата

Сравнение показывает, что цифровая методология не делает традиционную устаревшей. Цифровая методология действительно помогает обойти часть прежних ограничений, но вместе с этим делает исследование более требовательным. Быстрые данные и множество источников сами по себе не гарантируют точного вывода. Если не проверять происхождение массива, его полноту и возможные перекосы, легко принять случайный всплеск за устойчивую тенденцию. Платформенные данные, например, хорошо показывают активность тех, кто постоянно находится в цифровой среде, но хуже отражают поведение менее «оцифрованных» групп. Платежные операции фиксируют сам факт покупки, однако редко объясняют, почему человек сделал именно такой выбор. Социальные сети позволяют уловить настроения, но вместе с реальными мнениями туда попадают эмоциональные реакции, боты и кратковременные информационные шумы. Поэтому работа с большими данными требует не доверия к алгоритму по умолчанию, а постоянной проверки, сопоставления и экономического объяснения результата [5, с. 181].

В итоге большие данные меняют саму позицию исследователя. Он работает уже не только с готовыми таблицами и опубликованными рядами, а с потоками информации, которые формируются прямо в процессе экономической активности. Такой подход особенно полезен там, где ситуация быстро меняется и плохо попадает в традиционные обследования. Экономист видит не только конечный результат, но и движение, ведущее к нему: как складывается спрос, как меняется поведение участников рынка, где появляются новые риски. Но ценность такой работы возникает лишь при аккуратной методике: нужен точный исследовательский вопрос, понятные правила отбора данных, контроль качества, объяснимая модель и осторожная интерпретация [6, с. 57].

Инновационная трансформация методологии экономических исследований достигается не заменой классических методов алгоритмами, а их гибридизацией с инструментами Big Data, машинного обучения и интеллектуального анализа данных. В такой логике большие данные выступают не модной приставкой к исследованию, а рабочей средой, расширяющей доступ к экономическим фактам. Классическая статистика сохраняет роль проверки, объяснения и сопоставления, цифровая аналитика усиливает сбор, обработку и моделирование. При этом гибридная методология не сводится к простой загрузке массива в программный продукт. Сначала задается экономический вопрос, затем под него подбираются источники данных, после этого проводится очистка, нормализация и структурирование массива. Только на следующем этапе применяются методы машинного обучения, кластеризации, классификации, регрессии, анализа временных рядов или контент-анализа. Полученный результат нуждается в обратной проверке через экономическую логику: сопоставление с известными закономерностями, оценку устойчивости модели, анализ выбросов и объяснение причин выявленных зависимостей. Поэтому исследователь работает не как оператор алгоритма, а как автор методической конструкции, соединяющей данные, модель и смысл [2, с. 57] (см. рис. 2).

Рисунок 2 – Гибридная модель использования больших данных в экономическом исследовании

Эта модель показывает, почему цифровая аналитика требует междисциплинарного мышления. На входе используются данные разной природы: статистические таблицы, транзакции, тексты, цифровые следы пользователей, рыночные индикаторы, данные платформ и внутренних информационных систем. На среднем уровне работают алгоритмы, выявляющие связи, группы, аномалии и прогнозные сигналы. На выходе возникает не просто расчет, а экономически осмысленный вывод, пригодный для научной интерпретации или практического решения. Ф. О. Черненков, анализируя финансовый сектор, указывает: «в настоящее время во всех сферах экономики проходят активная цифровизация и внедрение различных информационных технологий, которые позволяют клиентам получать быстрые и качественные финансовые услуги, сокращать затраты за счет инновационных, гибких и адаптируемых технологических решений» [цит. по: 3, с. 181] (см. табл. 2).

Таблица 2
Роль цифровых и классических методов на этапах экономического исследования

Этап исследования	Цифровые методы	Классические методы	Итоговая функция этапа
Постановка проблемы	анализ цифровой среды, поиск новых источников данных	формулирование гипотезы, определение объекта и предмета	задание исследовательской рамки
Сбор данных	Big Data, парсинг, платформенные данные, транзакционные массивы	официальная статистика, отчетность, выборочные обследования	расширение информационной базы
Подготовка массива	очистка, нормализация, Data Lake, объединение разнородных данных	проверка сопоставимости, группировка, классификация	повышение качества данных
Моделирование	машинное обучение, Data Mining, кластеризация, классификация	регрессионный анализ, анализ временных рядов, индексный метод	выявление связей и закономерностей
Проверка результата	тестирование модели, поиск аномалий, визуальная аналитика	экономико-статистическая верификация, экспертная оценка	снижение риска ошибочных выводов
Интерпретация	выявление паттернов и прогнозных сигналов	экономическое объяснение причин и последствий	получение научного или управленческого вывода

Как мы видим, инновация возникает не в момент отказа от старых методов, а при сборке единого исследовательского контура. Например, *Data Lake* помогает собрать разнородные сведения в одной среде, однако само наличие такого массива еще не гарантирует качества выводов. Данные могут дублироваться, конфликтовать между собой, иметь разную частоту обновления и разный уровень полноты. Поэтому нужны статистическая проверка, понятные критерии отбора и экономическая интерпретация. О. С. Дробкова и Д. М. Мирохина показывают прикладное значение *Data Lake* именно как инструмента повышения эффективности работы с массивами данных, подчеркивая его роль в интеграции разнородной информации для последующего управленческого анализа [4, с. 1382].

Гибридный подход особенно важен при анализе нестабильных процессов, где один метод быстро упирается в пределы. Машинное обучение может обнаружить скрытый паттерн, но не всегда объясняет его экономическую природу. Регрессионная модель дает понятную форму зависимости, но часто проигрывает цифровым методам при работе с неструктурированными массивами. Контент-анализ выявляет смысловые сдвиги в текстах, однако требует связи с числовыми индикаторами. Поэтому наиболее сильный результат появляется при комбинировании методов: алгоритмы находят связи, статистика проверяет устойчивость, экономическая теория объясняет смысл. Такой подход снижает риск технической имитации исследования, когда сложная модель выглядит убедительно, но не дает содержательного вывода [5, с. 3256].

Большие данные позволяют выстроить экономическое исследование как целостную методологическую конструкцию, соединяющую скорость цифровой обработки и научную проверяемость выводов. За счет расширения источниковой базы исследователь быстрее фиксирует изменения, точнее видит скрытые связи и получает возможность строить прогнозные модели, не отказываясь от требований доказательности. Здесь методология меняется не внешне, а по существу. Исследователь уже не просто выбирает способ расчета и подставляет данные в готовую модель. Ему приходится заново выстраивать всю цепочку работы: от происхождения массива и качества исходной информации до проверки результата и его экономического объяснения. Алгоритм в этой цепочке важен, но он не может быть главным аргументом сам по себе. Сильный вывод появляется только тогда, когда данные осмысленно отобраны, метод подходит к поставленной задаче, результат проверен, а выявленная зависимость получила понятное экономическое толкование. Поэтому большие данные не вытесняют привычные статистические инструменты, а расширяют их возможности, позволяя работать быстрее, глубже и ближе к реальным изменениям в экономике [6, с. 182].

Выводы

Проведенный анализ позволяет сделать главный вывод: большие данные важны для экономических исследований не как очередной набор цифровых инструментов, а как способ иначе организовать работу с фактами. Исследователь получает доступ к тем источникам, которые раньше почти не попадали в поле анализа: цифровым следам пользователей, платежным операциям, данным платформ, поведенческим сигналам, текстовым массивам и другим разнородным сведениям. За счет этого экономические процессы можно рассматривать не только по итоговым показателям, но и по ходу их формирования.

Однако, сами по себе большие массивы информации не делают исследование точнее. Их сила проявляется лишь тогда, когда они связаны с экономико-статистическими методами, проверкой качества данных и содержательной интерпретацией результатов. Алгоритмы помогают быстрее находить зависимости, группы, отклонения и прогнозные сигналы, но не отвечают за научную логику вывода. Эту задачу по-прежнему решает исследователь, оценивая источник данных, устойчивость результата и его связь с реальными экономическими процессами.

Поэтому большие данные целесообразно рассматривать как инструмент обновления экономической методологии. Они расширяют аналитический обзор, делают исследование ближе к текущей рыночной динамике и усиливают практическую ценность выводов, но требуют аккуратной работы с данными, методами и смыслом полученных результатов.

Литература

1. Болонин, А. И. Технологии Big Data на финансовых рынках: практические аспекты / А. И. Болонин, М. М. Алиев, К. М. Исмаилов // Экономическая безопасность. – 2024. – Т. 7, № 5. – С. 1093–1114. – DOI 10.18334/ecsec.7.5.121032.
2. Васина, В. Н. Исследование структурной трансформации и поляризации российского рынка труда в условиях цифровой экономики / В. Н. Васина, Н. Р. Кельчевская // Экономика труда. – 2023. – Т. 10, № 1. – С. 47–70. – DOI 10.18334/et.10.1.117031.
3. Волошина, И. А. Применение технологий искусственного интеллекта в деятельности организаций: масштабы, влияние на профессии, риски / И. А. Волошина, И. Т. Перова, А. Р. Тхоржевская // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 12. – С. 3285–3310. – DOI 10.18334/ce.18.12.122257.
4. Дробкова, О. С. Применение технологии Data Lake как способ повышения эффективности деятельности промышленных предприятий / О. С. Дробкова, Д. М. Мирохина // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 1381–1400. – DOI 10.18334/vinec.14.4.122269.
5. Капустин, А. А. Формирование цифровой конкурентоспособности государств: на примере США и КНР / А. А. Капустин, О. Б. Пичков // Экономические отношения. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 363–386. – DOI 10.18334/eo.14.2.120957.
6. Козырев, А. Н. Цифровая экономика и экономика данных / А. Н. Козырев // Цифровая экономика. – 2024. – Т. 2, № 28. – С. 5–14. – DOI 10.33276/DE-2024-02-01.
7. Подольская, Т. В. Использование цифровых технологий в транснациональных корпорациях в современных условиях / Т. В. Подольская, К. О. Бревнов // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 1073–1092. – DOI 10.18334/vinec.14.4.121818.
8. Рязанцева, М. В. Цифровая трансформация государственного управления / М. В. Рязанцева // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 11. – С. 6951–6962. – DOI 10.18334/epp.14.11.122116.
9. Сташевская, М. П. Большие данные как экономический феномен: теоретико-методологическое обобщение / М. П. Сташевская // Экономическая наука сегодня : сборник научных статей / Белорусский национальный технический университет. – Минск : БНТУ, 2021. – Вып. 13. – С. 132–139.
10. Степаненкова, Н. М. Использование методов интеллектуального анализа данных для целей контроля / Н. М. Степаненкова, М. А. Степаненкова // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 12. – С. 3255–3268. – DOI 10.18334/epp.12.12.116911.
11. Черненков, Ф. О. Особенности использования больших данных в финансовом секторе / Ф. О. Черненков // Вестник университета. – 2024. – № 7. – С. 181–189. – DOI 10.26425/1816-4277-2024-7-181-189.
12. Cappa, F. Big Data and Innovation: The State of the Art and Future Research Directions / F. Cappa, C. Acciarini, R. Oriani, P. Boccardelli // R&D Management. – 2026. – Vol. 56, № 1. – P. 3–36. – DOI 10.1111/radm.70004.
13. Ghasemaghaei, M. Understanding the impact of big data on firm performance: The necessity of conceptually differentiating among big data characteristics / M. Ghasemaghaei // International Journal of Information Management. – 2021. – Vol. 57. – Article 102055. – DOI 10.1016/j.ijinfomgt.2019.102055.
14. Sivarajah, U. A study on big data analytics and innovation: From technological and business cycle perspectives / U. Sivarajah, S. Kumar, V. Kumar, S. Chatterjee, J. Li // Technological Forecasting and Social Change. – 2024. – Vol. 202. – Article 123328. – DOI 10.1016/j.techfore.2024.123328.
15. Wang, N. Big data analytics capability and social innovation: the mediating role of knowledge exploration and exploitation / N. Wang, B. Chen, L. Wang, Z. Ma, S. Pan // Humanities and Social Sciences Communications. – 2024. – Vol. 11, № 1. – Article 864. – P. 1–18. – DOI 10.1057/s41599-024-03288-8.

Big Data as a Tool for the Innovative Transformation of the Methodology of Economic Research

Krylov A.B.
University "Synergy"

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article examines big data as a factor in the innovative transformation of the methodology of economic research. The necessity of shifting from the fragmented use of digital information sources to an integrated research framework is substantiated. This framework includes data collection, cleaning, structuring, modelling, interpretation, and verification. It is shown that the methodological significance of big data is determined not only by the scale of the processed datasets, but also by the possibility of integrating structured and unstructured information, applying algorithms of intelligent data analysis, machine learning, clustering, classification, regression analysis, and time-series analysis. Particular attention is paid to the hybridization of traditional economic-statistical methods and digital analytics, which makes it possible to increase the speed, accuracy, and predictive potential of economic research without abandoning the procedures of scientific verification and economic interpretation of results. The importance of big data for analysing dynamic socio-economic processes, identifying hidden patterns, assessing behavioural signals, and forming more substantiated managerial conclusions is revealed. It is concluded that big data acts not as an auxiliary technological resource, but as an independent methodological basis for the development of modern economic science, strengthening its analytical depth, practical significance, and ability to respond to changes in the digital environment.

Keywords: big data, methodology of economic research, digital analytics, economic-statistical methods, machine learning, intelligent data analysis, innovative transformation.

References

1. Bolonin, A. I. Big Data Technologies in Financial Markets: Practical Aspects / A. I. Bolonin, M. M. Aliyev, K. M. Ismailov // Economic Security. – 2024. – Vol. 7, No. 5. – P. 1093–1114. – DOI 10.18334/ecsec.7.5.121032.
2. Vasina, V. N. A Study of Structural Transformation and Polarization of the Russian Labour Market in the Digital Economy / V. N. Vasina, N. R. Kelchevskaya // Labour Economics. – 2023. – Vol. 10, No. 1. – P. 47–70. – DOI 10.18334/et.10.1.117031.
3. Voloshina, I. A. Application of Artificial Intelligence Technologies in Organizations: Scale, Impact on Professions, and Risks / I. A. Voloshina, I. T. Perova, A. R. Tkhorzhevskaya // Creative Economy. – 2024. – Vol. 18, No. 12. – P. 3285–3310. – DOI 10.18334/ce.18.12.122257.
4. Drobkova, O. S. Application of Data Lake Technology as a Way to Improve the Efficiency of Industrial Enterprises / O. S. Drobkova, D. M. Mirokhina // Issues of Innovative Economy. – 2024. – Vol. 14, No. 4. – P. 1381–1400. – DOI 10.18334/vinec.14.4.122269.
5. Kapustin, A. A. Formation of Digital Competitiveness of States: The Case of the USA and China / A. A. Kapustin, O. B. Pichkov // Economic Relations. – 2024. – Vol. 14, No. 2. – P. 363–386. – DOI 10.18334/eo.14.2.120957.
6. Kozyrev, A. N. Digital Economy and Data Economy / A. N. Kozyrev // Digital Economy. – 2024. – Vol. 2, No. 28. – P. 5–14. – DOI 10.33276/DE-2024-02-01.
7. Podolskaya, T. V. The Use of Digital Technologies in Transnational Corporations in Modern Conditions / T. V. Podolskaya, K. O. Brevnov // Issues of Innovative Economy. – 2024. – Vol. 14, No. 4. – P. 1073–1092. – DOI 10.18334/vinec.14.4.121818.
8. Ryazantseva, M. V. Digital Transformation of Public Administration / M. V. Ryazantseva // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2024. – Vol. 14, No. 11. – P. 6951–6962. – DOI 10.18334/epp.14.11.122116.
9. Stashevskaya, M. P. Big Data as an Economic Phenomenon: A Theoretical and Methodological Generalization / M. P. Stashevskaya // Economic Science Today: Collection of Scientific Articles / Belarusian National Technical University. – Minsk : BNTU, 2021. – Issue 13. – P. 132–139.
10. Stepanenkova, N. M. The Use of Data Mining Methods for Control Purposes / N. M. Stepanenkova, M. A. Stepanenkova // Economics, Entrepreneurship and Law. – 2022. – Vol. 12, No. 12. – P. 3255–3268. – DOI 10.18334/epp.12.12.116911.
11. Chernenkov, F. O. Features of the Use of Big Data in the Financial Sector / F. O. Chernenkov // University Bulletin. – 2024. – No. 7. – P. 181–189. – DOI 10.26425/1816-4277-2024-7-181-189.
12. Cappa, F. Big Data and Innovation: The State of the Art and Future Research Directions / F. Cappa, C. Acciarini, R. Oriani, P. Boccardelli // R&D Management. – 2026. – Vol. 56, No. 1. – P. 3–36. – DOI 10.1111/radm.70004.
13. Ghasemaghaei, M. Understanding the Impact of Big Data on Firm Performance: The Necessity of Conceptually Differentiating among Big Data Characteristics / M. Ghasemaghaei // International Journal of Information Management. – 2021. – Vol. 57. – Article 102055. – DOI 10.1016/j.ijinfomgt.2019.102055.
14. Sivarajah, U. A Study on Big Data Analytics and Innovation: From Technological and Business Cycle Perspectives / U. Sivarajah, S. Kumar, V. Kumar, S. Chatterjee, J. Li // Technological Forecasting and Social Change. – 2024. – Vol. 202. – Article 123328. – DOI 10.1016/j.techfore.2024.123328.
15. Wang, N. Big Data Analytics Capability and Social Innovation: The Mediating Role of Knowledge Exploration and Exploitation / N. Wang, B. Chen, L. Wang, Z. Ma, S. Pan // Humanities and Social Sciences Communications. – 2024. – Vol. 11, No. 1. – Article 864. – P. 1–18. – DOI 10.1057/s41599-024-03288-8.

Подходы к решению задач маршрутизации транспорта на основе методов машинного обучения и гибридных моделей

Майоров Евгений Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), majorov_ee@mail.ru

В статье рассматривается роль системного анализа как фундаментальной методологии исследования и управления транспортно-логистическими системами. Проанализировано современное понимание системного подхода в логистике, систематизированы основные методы системного анализа, используемые в логистике, а также задачи и принципы их реализации. Рассмотрены подходы к решению задач маршрутизации транспорта на основе методов машинного обучения и гибридных моделей. Определены препятствия, с которыми сталкиваются транспортно-логистические системы, а также перспективные направления развития методологии системного анализа. В работе раскрыты вопросы разработки гибридных моделей маршрутизации, развития интерпретируемого искусственного интеллекта, совершенствования методов прогнозирования в условиях неопределенности, исследования инновационных организационных форм управления логистикой, а также изучены возможности ограничения человеко-машинного партнерства в логистических системах.

Ключевые слова: системный анализ, логистика, транспорт, транспортно-логистические системы, методы анализа, маршрутизация транспорта, машинное обучение, цифровая трансформация.

Введение

Современная логистика и транспорт представляют собой сложнейшие организационно-технические системы, эффективность функционирования которых определяется способностью учитывать множество факторов: экономических, технологических, географических, социальных и экологических. В настоящее время методы управления перестают быть достаточными и возникает потребность в применении методологии, которая обеспечит рассмотрение логистических объектов и процессов в их системной целостности, с учетом всех взаимосвязей и динамики развития [1].

Одной из наиболее важных задач в логистике остается маршрутизация транспорта. По оценкам специалистов, транспортные издержки могут составлять до половины всех логистических затрат компании. Следовательно, качество их оптимизации напрямую влияет на экономику бизнеса и клиентский сервис. Статистика 2025 года показывает, что искусственный интеллект используют 33% российских компаний, причем в логистике 67% из них применяют его ежедневно. При этом кадровый дефицит в транспортно-логистической отрасли достигает 20%, что ускоряет переход к автоматизированным решениям [2].

В существующих реалиях российские компании вынуждены перестраивать свой бизнес в связи с утратой эффективности прежних логистических моделей. Смещение грузопотоков на восток, усложнение международных расчетов и ускорение импортозамещения превращают логистику в стратегическое поле трансформации бизнеса. Исследование фиксирует смещение управленческого фокуса: компании уходят от практики локальной оптимизации и реактивных действий к целостному управлению, нацеленному на устойчивость, прозрачность и технологичность сквозных процессов – от первого склада до конечного клиента [3].

В 2026 году логистика все чаще выделяется в самостоятельный управленческий контур, превращаясь в «бизнес внутри бизнеса». Руководитель этого направления теперь требует компетенций уровня генерального директора, поскольку его подход к формированию архитектуры цепей поставок, управлению мощностями, операционными рисками и экономикой процессов напрямую определяет устойчивость компании. Это связано не просто с расширением обязанностей, а с изменением самой природы логистики и ее влияния на общий бизнес-результат [4].

Цель работы – определить значимые направления в системном анализе для различных задач логистики и транспорта.

Постановка задачи

Провести комплексный анализ современного состояния и перспектив развития системного анализа в приложении к задачам логистики и транспорта, систематизировать его методы, детально рассмотреть современные подходы к маршрутизации на основе машинного обучения и выявить ключевые направления дальнейших исследований.

Системный анализ в логистике

В логистике под системой принято понимать совокупность взаимосвязанных элементов, образующих единое целое. Транспортно-логистическая система (ТЛС) характеризуется целостностью, наличием устойчивых связей между элементами, организованностью и наличием интегративных качеств, не присущих ни одному из элементов в отдельности. Например, возможность доставить груз от начальной до конечной точки в заданные сроки возникает только при интеграции усилий всех участников логистической цепи и не может быть реализована ни одним из них по отдельности [4].

Системный подход – это методологическое направление, основная задача которого состоит в определении принципов исследования и конструирования сложных объектов. В логистике системный подход реализуется через рассмотрение любого объекта как совокупности взаимосвязанных элементов, функционирующих для достижения единой цели. Системный анализ представляет собой прикладную научную дисциплину, выступающую методологической и инструментальной основой для практической реализации системного подхода. Он объединяет комплекс методов и средств, предназначенных для исследования сложных объектов и обеспечивающих подготовку и научное обоснование управленческих решений [5].

Системный анализ в логистике выполняет не только описательную, но и конструктивную функцию. Он не ограничивается констатацией существующих связей и закономерностей. С его помощью можно создавать новые, более эффективные конфигурации логистических систем. Это особенно актуально в условиях, когда компании вынуждены в сжатые сроки перестраивать цепочки поставок под влиянием внешних факторов. Системный анализ дает методологическую основу для такого проектирования, позволяя создавать адаптированные к изменившимся реалиям структуры. Исторически системный анализ в логистике прошел несколько этапов развития. Применение методов исследования операций для решения локальных задач, развитие концепции управления цепями поставок, интеграция с информационными технологиями и методами искусственного интеллекта. На каждом этапе было усложнение задач и расширение инструментария, что говорит об эволюции экономики и технологий.

Методы, задачи и принципы системного анализа

Существуют основные группы методов, которые используют для решения поставленных логистических целей. Эти методы приведены в таблице 1.

Таблица 1
Методы системного анализа в логистике

Метод	Сущность метода	Область применения в логистике
Декомпозиция	Разделение системы на подсистемы и элементы	Анализ структуры цепи поставок, выделение функциональных областей
Сценарный метод	Разработка альтернативных вариантов развития	Оценка рисков, планирование в условиях неопределенности
Экспертные оценки	Использование знаний специалистов	Прогнозирование спроса, оценка надежности поставщиков
Морфологический анализ	Комбинирование признаков для поиска решений	Проектирование складских комплексов, выбор техники
Матричные методы	Визуализация взаимосвязей	SWOT-анализ, портфельный анализ
Целевой программный метод	Разработка комплекса мероприятий	Реализация инфраструктурных проектов

Эффективный системный анализ предполагает комбинирование перечисленных методов. Например, на этапе диагностики проблемы могут использоваться экспертные оценки и матричный анализ, на этапе поиска решений – морфологические методы и сценарное моделирование. Комбинаторика позволяет компенсировать ограничения каждого метода и получать более надежные результаты.

В рамках системного анализа выделяют три группы задач [6]. Задача декомпозиции – представление системы в виде подсистем и элементов. Задача анализа – нахождение свойств системы и закономерностей ее поведения. Задача синтеза – создание модели системы с оптимальными параметрами.

Реализация задач базируется на принципах:

- принцип оптимальности (выбор самого эффективного варианта);
- принцип эмерджентности (изучение элементов как единого целого);
- принцип иерархии (формирование структуры для обработки информации);
- принцип обратной связи (обеспечение информационного обмена между подсистемами) [6 , 7].

Развитие цифровых технологий существенно меняет классические методы системного анализа. Например, метод сценарного, опираясь на имитационные подходы и анализ больших данных, позволяет прорабатывать тысячи возможных сценариев. Оценки экспертов все чаще дополняются методами аналитики данных и цифровых следов, а морфологический анализ автоматизируется с помощью алгоритмов машинного обучения, которые берут на себя генерацию и оценку гигантских комбинаторных пространств, недоступных человеческому перебору.

Методы маршрутизации транспорта на основе машинного обучения

Задача маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem, VRP) является одной из самых изучаемых в теории исследования операций. Классическая VRP заключается в определении оптимального набора маршрутов для парка транспортных средств, обслуживающих заданное множество клиентов. Задача относится к классу NP-трудных, то есть, при увеличении количества клиентов или транспортных средств задача становится сложнее.

За долгое время исследований возникло множество вариантов VRP: с временными окнами (VRPTW), с раздельной доставкой (SDVRP), с пикапом и доставкой (PDP), динамическая VRP. Каждый из этих вариантов добавляет новые ограничения и усложняет поиск оптимального решения.

Классические точные методы (ветвей и границ, динамическое программирование) хороши, но позволяют находить оптимальные решения только для небольших задач. Эвристические и метаэвристические методы (генетические алгоритмы, имитация отжига, муравьиные алгоритмы) работают с реальными масштабами, находят решения для практических задач, но не гарантируют оптимальности.

Одним из перспективных направлений развития методов маршрутизации становятся квантово-вдохновленные алгоритмы, которые позволяют решать задачи комбинаторной оптимизации новыми способами. Такие подходы используют математическую формулировку QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) и алгоритмы симуляции отжига для поиска глобального оптимума. В гибридных архитектурах применяется принцип "разделяй и властвуй": все водители сначала группируются в кластеры с помощью алгоритмов машинного обучения (например, K-Means), затем для каждого кластера решается локальная оптимизационная задача, что позволяет избежать увеличения числа возможных комбинаций при одновременной оптимизации сотен маршрутов [8].

В последние годы все большую популярность приобретают гибридные подходы, которые сочетают в себе классические методы исследования операций с техниками машинного обучения. Можно выделить два основных направления.

Методы построения решений используют нейронные сети для генерации маршрутов без использования готовых шаблонов. Архитектуры, основанные на графовых нейронных сетях и механизмах внимания, проходят обучение на множестве примеров оптимальных решений. После обучения такая модель способна за доли секунды предложить качественное решение для новой задачи.

Методы улучшения решений интегрируются в итеративные процессы локального поиска. Нейронная сеть выбирает, какие операторы применить на очередном шаге, направляя поиск в наиболее перспективные области пространства решений.

Отдельным направлением является использование машинного обучения для предсказания параметров, необходимых для маршрутизации. Модели машинного обучения способны прогнозировать время обслуживания клиентов, время в пути на основе исторических данных, погодных условий и информации о дорожной обстановке. Как показывают исследования, такой подход повышает качество получаемых маршрутов на 12-18% по сравнению с классическими методами, использующими упрощенные оценки времени в пути [9].

Для российских компаний внедрение интеллектуальных систем маршрутизации приобретает особую значимость, что обусловлено географическими и инфраструктурными особенностями страны. также высокая доля транспортных издержек в структуре затрат делают даже небольшие улучшения маршрутов экономически значимыми.

Для компании с парком в 1000 автомобилей снижение пробега на 5% может означать экономию миллионов рублей в год на топливе, амортизации и заработной плате водителей. Более точное соблюдение временных окон доставки повышает лояльность клиентов и снижает штрафные санкции за опоздания. Именно поэтому инвестиции в интеллектуальные системы маршрутизации окупаются, как правило, в течение первого года внедрения.

При всех впечатляющих достижениях ML-подходы к маршрутизации не лишены ограничений: модели, обученные на задачах определенной размерности, с трудом адаптируются к задачам другого масштаба, требуют идеальных данных, сложность интерпретации решений, трудности учета всех реальных ограничений. Полностью заменить человека искусственный интеллект не может. Он выступает в роли ассистента: дополняет работу, автоматизирует операции, снижает число ошибок и ускоряет процессы.

Приоритетным направлением развития становится не замена человека искусственным интеллектом, а их эффективное партнерство. Современные системы маршрутизации все чаще проектируются как интеллектуальные ассистенты, которые предлагают варианты, объясняют их преимущества, но оставляют окончательное решение за человеком. Подобная архитектура позволяет сочетать вычислительные возможности алгоритмов с профессиональным опытом диспетчеров, которые могут учитывать широкий спектр неформализуемых факторов: лояльность конкретного водителя, пожелания клиентов, местные особенности, которые невозможно заложить в математическую модель.

Развитие системного анализа в логистике

Применение системного анализа в логистике сегодня сталкивается с новыми препятствиями, обусловленными глубинной трансформацией глобальной экономической среды. На смену глобализации приходит

движение к «интраэкономике» и «интралогистике». В сложившихся обстоятельствах именно системный анализ становится основным инструментом для перестраивания цепочки поставок, поиска надежных альтернативных маршрутов, выбора поставщиков, управления запасами в условиях нестабильности. Наиболее острыми проблемами в логистике являются кадровый дефицит, сложности с подбором персонала и рост затрат на транспорт и инфраструктуру. В крупных компаниях логистика выделяется в самостоятельный управленческий контур, фактически превращаясь в «бизнес внутри бизнеса». Руководитель логистики несет ответственность не только за доставку, но за архитектуру цепочек поставок, риски и экономическую эффективность.

Эволюция логистического управления идет от децентрализации к централизации. Если на предыдущих этапах управление преимущественно осуществлялось локальными менеджерами на уровне отдельных площадок или регионов, то сегодня многие компании переходят к централизованной модели. Причина – негативные последствия децентрализованной модели: разнотипные ИТ-системы, различающиеся операционные процессы и расхождения в данных привели к потере контроля, росту затрат и снижению оперативности управления. Региональная автономия, которая раньше помогала быстрее реагировать на локальные задачи, со временем стала мешать масштабированию логистических процессов. Поэтому крупные компании стремятся выстроить единый логистический контур, что помогает снизить издержки и обеспечить более устойчивую управляемость, контроль над процессами.

Логистика перерастает учетную автоматизацию. ERP-системы и WMS выполнили свою задачу, став повсеместным стандартом. Но этого уже недостаточно: они фиксируют прошлое, а управлять нужно будущим. Следующий шаг – цифровое управление всей сетью поставок, включая планирование, сценарное моделирование и мониторинг в реальном времени. Параллельно российский рынок решает задачу импортозамещения, переходя на отечественные решения.

Логистика из статьи затрат превращается в источник конкурентного преимущества. Компании с гибкими, технологичными и прозрачными цепочками поставок, получают возможность быстрее адаптироваться к рынку, точнее удовлетворять потребности клиентов и эффективнее управлять капиталом. Системный анализ из инструмента операционной оптимизации превращается в стратегический ресурс, без которого невозможно формирование долгосрочной политики компании.

Внедрение искусственного интеллекта в России будет усиливать существующий разрыв между технологическими лидерами и остальным рынком. Крупные корпорации, уже сегодня обладающие и финансами, и данными, продолжат инвестировать в ИИ, отрываясь от конкурентов все дальше. Для малого и среднего бизнеса основным путем станет использование готовых облачных сервисов и экосистем, которые позволят получать аналитику, не имея собственных больших данных. Фактором успеха будет скорость цифровизации базовых процессов, в первую очередь – переход на электронные перевозочные документы, формирующий необходимую информационную базу для последующего применения интеллектуальных алгоритмов [10].

Стратегическим приоритетом становится кросс-функциональная интеграция, синхронизация планов между закупками, производством, сбытом и финансами. Устойчивость становится новой единицей измерения эффективности логистики, объединяющей затраты со способностью системы адаптироваться к динамически меняющимся условиям среды.

Заключение

В условиях цифровой трансформации, геополитической нестабильности и кадрового дефицита роль системного анализа возрастает. Логистика перестает восприниматься лишь как функция доставки грузов, приобретая статус стратегического актива компании и источника ее конкурентных преимуществ. Это требует новых подходов к управлению, новых компетенций от специалистов и новой архитектуры взаимодействия между людьми и интеллектуальными системами. Централизация управления, импортозамещение и развитие человеко-машинного взаимодействия формируют логистику будущего, где ключевую роль играет способность интегрировать разнородные данные и принимать обоснованные решения в режиме реального времени. В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно выделить разработку гибридных моделей маршрутизации, развитие интерпретируемого искусственного интеллекта, совершенствование методов прогнозирования в условиях неопределенности, исследование инновационных организационных форм управления логистикой, а также изучение возможностей и ограничений человеко-машинного партнерства в логистических системах.

Литература

1. Жикин А. Как трансформировалась логистика в 2020-25 и куда движется дальше [Электронный ресурс] / А. Жикин // РБК Компании. – 2025.– URL: https://companies.rbc.ru/news/bqHXD0uvFv/kak-transformirovalas-logistika-v-2020-25-i-kuda-dvizhetsya-dalshe/ (дата обращения: 15.03.2026).
2. Суртаева А. Логистика без сбоев: как ИИ меняет правила игры [Электронный ресурс] / А. Суртаева // Холдинг Т1. – 2025. –URL: https://t1.ru/media/news/logistika_bez_sboev_kak_ii_menyaet_pravila_igry (дата обращения: 25.03.2026).
3. Бельский Д. Российская логистика меняет правила игры [Электронный ресурс] / Д. Бельский // РБК Компании. – 2026. – URL: https://companies.rbc.ru/amp/news/bf0806c3-79ca-4ea1-8439-79f9c2d4b6a6/ (дата обращения: 29.03.2026).
4. Окин А. Новые модели управления, ИТ и не только: небанальные тренды логистики 2026 [Электронный ресурс] / А. Окин // КОРУС Консалтинг. – 2026. – URL: https://korusconsulting.ru/press-centr/novye-modeli-upravleniya-it-i-ne-tolko-nebanalnye-trendy-logistiki-2026/ (дата обращения: 30.03.2026).
5. Аксенов И.М. Системный подход и системный анализ в маркетинго-логистическом менеджменте транспортных систем // REVIEW OF TRANSPORT ECONOMICS AND MANAGEMENT. – 2019. – № 3(19). – С. 5-11.
6. Рзаев М.А.-Р. Организация логистического процесса на предприятии: методы анализа и оценка текущей // Наука, техника и образование. – 2022. – № 3(86). – С. 61-65.
7. Ледян Д.И. Средства управления транспортно-логистическими системами // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2023. – № 07. – С. 108-111.
8. Квантово-вдохновленный решатель для оптимизации транспортных потоков [Электронный ресурс] // GitHub. – 2025. – URL: https://github.com/PavelBereg/Quantum-Traffic-Optimization (дата обращения: 11.04.2026).
9. Hung N.V. Machine learning applications for delivery time prediction and freight planning / N.V. Hung, T.T. Huong, N. Tan, T.C. Doan, N.N. Hoang // Информатика и автоматизация. – 2025. – Т. 24, № 5. – С. 1379-1407.
10. Тузов А. Реальные кейсы и планы на 2026 год: как Россия интегрирует ИИ в логистику [Электронный ресурс] / А. Тузов // Инвест-Форсайт. – 2026. – URL: https://www.if24.ru/kak-rossiya-integriruet-ii-v-logistiku/ (дата обращения: 15.04.2026).

Approaches to solving transport routing problems based on machine learning methods and hybrid models

Maiorov E.E.

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP)

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article examines the role of system analysis as a fundamental methodology for research and management of transport and logistics systems. The modern understanding of the system approach in logistics is analyzed, the main methods of system analysis used in logistics, as well as the tasks and principles of their implementation are systematized. Approaches to solving transport routing problems based on machine learning methods and hybrid models are considered. The obstacles faced by transport and logistics systems are identified, as well as promising areas for the development of the methodology of system analysis. The paper discusses the development of hybrid routing models, the development of interpreted artificial intelligence, the improvement of forecasting methods in the face of uncertainty, the study of innovative organizational forms of logistics management, and the possibilities of limiting human-machine partnerships in logistics systems.

Keywords: system analysis, logistics, transport, transport and logistics systems, analysis methods, transport routing, machine learning, digital transformation.

References

1. Zhikin A. How logistics was transformed in 2020-25 and where it is going next [Electronic resource] / A. Zhikin // RBC Companies. – 2025. – URL: https://companies.rbc.ru/news/bqHXD0uvFv/kak-transformirovalas-logistika-v-2020-25-i-kuda-dvizhetsya-dalshe / (date of access: 15.03.2026).
2. Surtaeva A. Logistics without failures: how the rules of the game change [Electronic resource] / A. Surtayeva // Holding T1. – 2025. – URL: https://t1.ru/media/news/logistika_bez_sboev_kak_ii_menyaet_pravila_igry (date of access: 25.03.2026).
3. Belsky D. Russian logistics changes the rules of the game [Electronic resource] / D. Belsky // RBC Companies. – 2026. – URL: https://companies.rbc.ru/amp/news/bf0806c3-79ca-4ea1-8439-79f9c2d4b6a6 / (date of access: 29.03.2026).
4. Okin A. New management models, IT and not only: non-banal trends in logistics 2026 [Electronic resource] / A. Okin // KORUS Consulting. – 2026. – URL: https://korusconsulting.ru/press-centr/novye-modeli-upravleniya-it-i-ne-tolko-nebanalnye-trendy-logistiki-2026 / (date of access: 30.03.2026).
5. Aksenov I.M. System approach and system analysis in marketing and logistics management of transport systems // REVIEW OF TRANSPORT ECONOMICS AND MANAGEMENT. – 2019. – № 3(19). – Pp. 5-11.

Методический подход к принятию инвестиционных решений в условиях нечетких предпочтений и размытой исходной информации

Наников Игорь Яковлевич
аспирант, Московский университет «Синергия», nanikov8@gmail.com

В статье рассматривается проблема принятия инвестиционных решений в ситуации, когда часть исходных параметров не может быть представлена в виде точечных значений, а предпочтения инвестора имеют лингвистический и интервальный характер. Обосновано, что инвестиционное решение в таких условиях не сводится к выбору альтернативы с максимальным ожидаемым денежным эффектом, поскольку результат зависит от соотношения доходности, риска, ликвидности, срока возврата капитала, стратегической значимости проекта и устойчивости к неблагоприятным изменениям внешней среды. Предложен методический подход, основанный на совместном использовании нечетких чисел, лингвистических переменных и многокритериальной свертки. Научная новизна статьи заключается в разграничении двух видов неопределенности: размытой исходной информации о характеристиках инвестиционных альтернатив и нечетких предпочтений лица, принимающего решение. Такой подход позволяет формализовать экспертные суждения без их преждевременного сведения к жестким числовым оценкам. Разработана система лингвистических переменных для оценки инвестиционных альтернатив и предложена процедура расчета интегрального нечеткого индекса инвестиционной приемлемости. Сделан вывод о том, что применение аппарата нечеткой логики целесообразно в задачах предварительного отбора инвестиционных альтернатив, ранжирования проектов и поддержки решений при неполной статистической базе.

Ключевые слова: инвестиционное решение, нечеткая логика, нечеткие предпочтения, размытая информация, лингвистическая переменная, инвестиционная альтернатива, многокритериальный выбор, система поддержки принятия решений.

Введение

Проблема принятия инвестиционных решений традиционно рассматривается в экономической науке через соотношение ожидаемой доходности и риска. Классическая портфельная теория Г. Марковица задала аналитический язык для описания данной связи, поскольку выбор портфеля был поставлен в зависимость от математического ожидания доходности, дисперсии и ковариационной структуры активов [12]. Данный подход сохраняет значение для финансового анализа, однако его применение предполагает наличие достаточно надежных количественных данных и устойчивых статистических характеристик.

В практических инвестиционных задачах указанное условие выполняется не всегда. Инвестор часто действует в ситуации, когда прогнозируемые денежные потоки заданы интервально, рыночная емкость оценивается экспертно, сведения о технологических, правовых и поведенческих рисках неполны, а часть критериев имеет качественный характер. В подобных случаях применение исключительно вероятностных или детерминированных моделей может создавать видимость точности, не соответствующую реальному состоянию исходной информации. Нечеткая логика, предложенная Л. А. Заде как способ математического описания классов с размытыми границами, позволяет рассматривать подобные задачи без преждевременного сведения качественных суждений к точечным значениям [13].

Проблема осложняется тем, что неопределенность затрагивает не только данные, но и предпочтения субъекта выбора. Инвестор может считать риск «умеренно приемлемым», ликвидность «достаточной», срок возврата «слишком продолжительным», а стратегический эффект «высоким». Подобные формулировки не являются случайными величинами в строгом вероятностном смысле. Они выражают нечеткие границы оценочных категорий, которые могут быть формализованы через функции принадлежности. Р. Э. Беллман и Л. А. Заде показали, что принятие решений в нечеткой среде может рассматриваться как выбор альтернативы при нечетко заданных целях и ограничениях [7]. Для инвестиционных задач это положение имеет принципиальное значение: решение определяется не только прогнозом результата, но и степенью соответствия альтернативы системе предпочтений инвестора.

В отечественной литературе применение нечеткой логики к инвестиционным задачам чаще всего связывается с оценкой эффективности инвестиционных проектов, анализом рисков или построением экспертных моделей. М. Г. Семененко и Т. В. Лесина рассматривали возможности использования нечеткой логики при оценке эффективности инвестиционных проектов [3]. Д. В. Тимшина и Ю. Ю. Работа описали применение нечеткой логики к анализу эффективности инвестиционных проектов с использованием специализированного программного инструментария [4]. Н. В. Федорова и И. Г. Акперов предложили нечеткие модели планирования инвестиций, учитывающие влияние инфляции, долговых обязательств, дополнительных поступлений и иных факторов [5]. Данные работы показывают прикладной потенциал нечеткого моделирования, однако понятийная граница между инвестиционным решением, инвестиционной альтернативой и процедурой оценки требует дополнительного методического уточнения.

Цель статьи состоит в разработке методического подхода к принятию инвестиционных решений в условиях сочетания нечетких предпочтений инвестора и размытой исходной информации об инвестиционных альтернативах. Для достижения указанной цели необходимо уточнить содержание понятия «инвестиционное решение», определить структуру нечеткой инвестиционной оценки, описать систему лингвистических переменных и предложить процедуру расчета интегрального индекса инвестиционной приемлемости.

Инвестиционное решение целесообразно понимать как управленческо-экономический выбор, связанный с распределением ограниченного капитала между одной или несколькими альтернативами, каждая из которых характеризуется ожидаемым результатом, риском, горизонтом возврата, ликвидностью, потребностью в ресурсах и степенью соответствия целям инвестора. Такое определение позволяет избежать чрезмерного сужения инвестиционного решения до расчета чистой приведенной стоимости или внутренней нормы доходности. Указанные показатели важны, но они отражают только часть содержания выбора.

В инвестиционной практике решение редко принимается по одному критерию. Даже при положительной чистой приведенной стоимости проект может быть отклонен, если он требует чрезмерной концентрации капитала, имеет длинный срок выхода из позиции, создает неприемлемую долговую нагрузку или не соответствует стратегическому профилю инвестора. Напротив, проект с умеренной ожидаемой доходностью может быть принят, если он обеспечивает диверсификацию, доступ к новому рынку, снижение операционных рисков или укрепление технологической устойчивости. Поэтому инвестиционное решение должно рассматриваться как многокритериальный выбор, в котором числовые и качественные параметры образуют единую оценочную систему. Подобная постановка согласуется с общей логикой методов многокритериального выбора, включая метод анализа иерархий Т. Саати, ориентированный на структурирование сложной задачи принятия решений через систему критериев и предпочтений [2].

В условиях полной информации данная система может быть представлена через матрицу альтернатив и критериев. Пусть имеется множество инвестиционных альтернатив:

$A = \{A1, A2, \ldots, An\}$,

а также множество критериев:

$C = \{C1, C2, \ldots, Cm\}$.

Критерии могут включать ожидаемую доходность, риск, ликвидность, срок возврата, капиталоемкость, стратегическую значимость, устойчивость к внешним изменениям и качество информационного обеспечения. Если все значения известны точно, а предпочтения инвестора заданы однозначно, задача сводится к классической многокритериальной оптимизации. Однако при инвестиционном анализе такой случай является скорее теоретическим предельным вариантом.

Более реалистичная постановка предполагает, что значения xij, характеризующие альтернативу Ai по критерию Cj, заданы неточно. Например, доходность может быть определена как «примерно от 12 до 18 процентов», вероятность задержки реализации – как «умеренная», ликвидность – как «низкая в первые два года и средняя после выхода на плановую мощность». Одновременно веса критериев wj также могут быть нечеткими, поскольку инвестор не всегда способен точно указать, что риск важен на 0,31, а ликвидность – на 0,17. Более естественной является экспертная формулировка: риск «очень важен», срок возврата «важен», стратегический эффект «умеренно важен». Именно в данной зоне возникает необходимость применения аппарата нечеткой логики [1; 13].

Для корректного построения модели необходимо различать размытую информацию и нечеткие предпочтения. Размытая информация относится к объекту оценки. Она выражает неполноту, интервальность, приблизительность или качественный характер сведений об инвестиционной альтернативе. Например, прогноз спроса может быть задан как «высокий при благоприятной конъюнктуре и средний при базовом сценарии»; уровень технологического риска может определяться экспертами как «умеренный»; срок окупаемости может оцениваться не точкой, а диапазоном.

Нечеткие предпочтения относятся к субъекту решения. Они отражают то, как инвестор воспринимает желательность или нежелательность тех или иных характеристик. Один инвестор может считать срок окупаемости пять лет приемлемым, другой – чрезмерным. Для одного инвестора высокая ликвидность является обязательным условием, для другого она уступает стратегическому эффекту. Следовательно, одинаковая инвестиционная альтернатива может иметь различную степень приемлемости в зависимости от профиля предпочтений.

Такое разграничение имеет методологическое значение. Если размытая информация и нечеткие предпочтения смешиваются, модель теряет содержательную ясность. Неопределенность данных начинает ошибочно восприниматься как неопределенность целей, а субъективная оценка инвестора – как характеристика самого проекта. В предлагаемом подходе информация о проекте и предпочтения инвестора задаются раздельно, после чего объединяются в процедуре расчета интегрального индекса.

Размытая информация может быть представлена в виде треугольных или трапециевидных нечетких чисел. Треугольное нечеткое число обозначается как:

$\tilde{a} = (l, m, u)$,

где l – нижняя граница возможного значения, m – наиболее правдоподобное значение, u – верхняя граница возможного значения. Функция принадлежности такого числа принимает максимальное значение при x = m и постепенно снижается к нулю при приближении к l и u. Для инвестиционного анализа данная форма удобна тем, что она позволяет соединить экспертную осторожность с вычислительной простотой. Возможность использования средних значений и показателей разброса для нечетких чисел дополнительно обосновывает применение подобного аппарата в экономических расчетах [9].

Нечеткие предпочтения задаются через лингвистические переменные. Согласно подходу Л. А. Заде, лингвистическая переменная позволяет использовать слова естественного языка как значения формализованной переменной [1]. В инвестиционной задаче такими переменными могут быть «важность критерия», «уровень риска», «инвестиционная привлекательность», «ликвидность», «стратегическая значимость», «степень доверия к прогнозу». Каждому лингвистическому значению ставится в соответствие нечеткое число на нормированном интервале [0; 1].

Система лингвистических переменных для инвестиционного выбора

Для предварительного инвестиционного отбора может быть использована пятиуровневая шкала лингвистических оценок: «очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий». В нормированном виде ей соответствуют следующие треугольные нечеткие числа:

«очень низкий» – (0; 0; 0,25);

«низкий» – (0; 0,25; 0,50);

«средний» – (0,25; 0,50; 0,75);

«высокий» – (0,50; 0,75; 1,00);

«очень высокий» – (0,75; 1,00; 1,00).

Данная шкала может применяться как для оценки альтернатив, так и для задания весов критериев. При этом необходимо учитывать направление критерия. Для критериев выгоды, таких как доходность, ликвидность или стратегическая значимость, большее значение соответствует большей инвестиционной приемлемости. Для критериев затрат или угроз, таких как риск, капиталоемкость, долговая нагрузка или срок возврата, большее исходное значение означает меньшую приемлемость. Поэтому перед агрегированием необходимо провести нормирование и, при необходимости, инверсию шкалы.

В минимальной конфигурации модель может включать шесть критериев: доходность проекта, уровень инвестиционного риска, ликвидность выхода из проекта, срок возврата капитала, стратегическую значимость и достоверность исходной информации. Данный состав не является универсальным, но он отражает основные группы факторов, которые обычно влияют на инвестиционное решение. Доходность характеризует ожидаемый экономический результат. Риск выражает возможность отклонения результата от ожидаемого значения. Ликвидность показывает способность инвестора выйти из проекта без существенной потери стоимости. Срок возврата капитала определяет временной профиль вложения. Стратегическая значимость отражает долгосрочные эффекты, которые не всегда выражаются немедленным денежным результатом. Достоверность исходной информации позволяет учитывать качество аналитической базы, поскольку два проекта с одинаковой ожидаемой доходностью не должны оцениваться одинаково, если по одному из них имеется надежная статистика, а по другому – только предварительное экспертное мнение.

Для каждого критерия задается нечеткая оценка альтернативы. Например, проект A1 может иметь «высокую» доходность, «средний» риск, «низкую» ликвидность, «средний» срок возврата, «очень высокую» стратегическую значимость и «среднюю» достоверность информации. Проект A2 может иметь «среднюю» доходность, «низкий» риск, «высокую» ликвидность, «низкий» срок возврата, «среднюю» стратегическую значимость и «высокую» достоверность информации. Такая запись ближе к реальной экспертной практике, чем требование сразу определить все критерии в точных числах.

Предлагаемая процедура включает несколько последовательных этапов. Сначала формируется множество инвестиционных альтернатив и критериев. Затем эксперт или группа экспертов задает оценки альтернатив по каждому критерию в виде лингвистических значений. После этого лингвистические оценки переводятся в треугольные нечеткие числа, а критерии нормируются с учетом их направления. Далее определяются веса критериев, также выраженные через лингвистические переменные. На заключительном этапе рассчитывается интегральный нечеткий индекс инвестиционной приемлемости. Общие правила работы с нечеткими множествами и функциями принадлежности изложены в классической работе Л. А. Заде и в учебном изложении В. Г. Чернова [6; 13].

Пусть $\tilde{x}ij$ – нечеткая оценка альтернативы Ai по критерию Cj, а $\tilde{w}j$ – нечеткий вес критерия Cj. Тогда интегральный индекс может быть представлен как взвешенная сумма:

$\tilde{S}i = \Sigma\, \tilde{w}j \times \tilde{x}ij$.

При использовании треугольных нечетких чисел операция умножения и сложения выполняется по правилам нечеткой арифметики. Если $\tilde{x}ij = (lij, mij, uij)$, а $\tilde{w}j = (lj, mj, uj)$, то произведение для неотрицательных нормированных значений может быть задано как:

w̃j × x̃ij = (ljlij, mjmij, ujuij).

После суммирования по всем критериям получается треугольное нечеткое число S̃i, отражающее интегральную приемлемость альтернативы. Для ранжирования альтернатив необходима дефаззификация, то есть переход от нечеткого индекса к сопоставимому числовому значению. В простейшем варианте может быть использована формула центра тяжести:

D(S̃i) = (li + mi + ui) / 3.

Однако для инвестиционных задач более содержательной является модифицированная формула, учитывающая отношение инвестора к неопределенности:

Dλ(S̃i) = λmi + (1 – λ)(li + ui) / 2,

где λ – коэффициент доверия к наиболее вероятному значению. При λ, близком к единице, инвестор ориентируется преимущественно на центральную оценку. При меньшем λ усиливается роль границ интервала, что соответствует более осторожному поведению. Для консервативного инвестора дополнительно может использоваться нижняя граница li, а для инвестора, склонного к риску, – верхняя граница ui. В результате модель позволяет не только ранжировать альтернативы, но и отразить различие инвестиционных профилей.

Важным дополнением является показатель размытости оценки:

R(S̃i) = ui – li.

Он отражает ширину нечеткого интервала и тем самым степень неопределенности итоговой оценки. Если две альтернативы имеют близкие значения D(S̃i), но одна из них характеризуется существенно меньшим R(S̃i), то при прочих равных условиях она может быть предпочтительнее для инвестора с высокой чувствительностью к информационному риску. Это особенно важно для проектов ранних стадий, венчурных вложений, инфраструктурных проектов, инвестиций в новые технологии и иных случаев, где прогнозные значения часто имеют широкие интервалы. В данной части модель опирается на общий аппарат обработки нечетких чисел, включая представления о возможностном среднем значении и разбросе нечетких величин [9].

Преимущество предложенной процедуры состоит в том, что она не заменяет инвестиционное суждение механическим расчетом. Напротив, она делает структуру данного суждения более явной. Инвестор видит, какие критерии определяют итоговый выбор, где находится главный источник неопределенности, как меняется ранжирование при усилении или ослаблении неприятия риска. Тем самым нечеткая модель выполняет функцию инструмента поддержки принятия решения, а не формального «автомата» выбора.

Предлагаемый подход близок к группе методов нечеткого многокритериального выбора. Ч. Т. Чен разработал расширение метода близости к идеальному решению для группового выбора в нечеткой среде, где оценки альтернатив и веса критериев описываются лингвистическими термами и треугольными нечеткими числами [10]. Дж. Дж. Бакли предложил вариант нечеткого иерархического анализа, позволяющий использовать нечеткие отношения предпочтения вместо точных парных сравнений [8]. Обзор Ч. Кахрамана, С. Чевик Онар и Б. Оztайши показывает, что нечеткие многокритериальные методы применяются в задачах с множественными и конфликтующими критериями, когда данные являются неполными или размытыми [11]. В свою очередь, метод анализа иерархий Т. Саати остается важной методологической основой для структурирования задач выбора, хотя в его классическом варианте предпочтения задаются в более определенной форме [2].

Отличие предлагаемого подхода состоит в акценте на инвестиционном содержании решения. В нем нечеткость возникает не только из-за субъективности эксперта, но и из-за природы инвестиционной информации. Прогнозы денежных потоков, емкости рынка, стоимости капитала, макроэкономических условий и регуляторных изменений не всегда могут быть надежно вероятностно описаны. Если историческая выборка мала, структура рынка меняется, а проект имеет уникальный характер, вероятностная модель может оказаться менее обоснованной, чем интервально-лингвистическое описание. В этом смысле нечеткая логика не конкурирует с эконометрикой и статистикой там, где их применение надежно, а дополняет их в тех случаях, когда количественная база недостаточна.

Для повышения научной строгости модель может быть расширена в трех направлениях. Возможно использование групповой экспертной оценки с проверкой согласованности мнений. Целесообразно также включить сценарный контур, в котором значения лингвистических переменных различаются для базового, благоприятного и неблагоприятного сценариев. Кроме того, результаты нечеткой модели могут быть сопоставлены с результатами классических методов, например ранжированием по чистой приведенной стоимости, сроку окупаемости или индексу доходности. Такое сопоставление позволит показать, в каких случаях учет нечетких предпочтений меняет инвестиционный выбор.

Особую роль может играть критерий достоверности информации. В большинстве моделей он не выделяется отдельно, хотя на практике качество данных существенно влияет на надежность решения. Проект с высокой ожидаемой доходностью, рассчитанной на основе слабой информационной базы, не должен автоматически превосходить проект с умеренной доходностью, но более подтвержденными исходными параметрами. Поэтому включение критерия информационной достоверности представляется самостоятельным методическим результатом. Оно позволяет связать инвестиционную оценку не только с ожидаемым эффектом, но и с надежностью знания о данном эффекте.

Предложенный подход может применяться на стадии предварительного инвестиционного отбора, когда необходимо сопоставить несколько альтернатив при ограниченном объеме информации. Он также применим при формировании инвестиционного комитета, когда разные участники обладают неодинаковыми представлениями о допустимом риске и стратегической значимости проекта. В этом случае лингвистические переменные позволяют сохранить экспертное содержание обсуждения, а не сводить его к искусственно точным оценкам.

Модель может быть использована и в задачах портфельного инвестирования, если отдельные активы или проекты оцениваются не только по доходности и волатильности, но и по качественным характеристикам: отраслевой устойчивости, технологической зрелости, ликвидности, зависимости от регуляторных факторов, информационной прозрачности. Для частного инвестора такая модель может служить инструментом отбора активов, соответствующих его риск-профилю. Для компании она может использоваться при выборе инвестиционных проектов в условиях бюджетного ограничения. Для банка или фонда – при первичной оценке заявок и определении проектов, требующих углубленной экспертизы.

Практическая реализация не требует сложной вычислительной инфраструктуры. На первом этапе модель может быть реализована в табличной форме: задаются шкалы лингвистических переменных, формируется матрица оценок, рассчитываются нечеткие произведения и интегральные индексы. На следующем этапе возможно создание программного модуля в составе системы поддержки принятия решений. Применение специализированных средств нечеткого моделирования также возможно, однако методическая ценность подхода не зависит от конкретной программной среды.

Ограничением модели является зависимость от качества экспертных оценок. Нечеткая логика не устраняет необходимость профессионального анализа и не превращает слабые исходные предположения в надежные выводы. Ее задача состоит в другом: корректно представить приблизительность и неоднозначность, не скрывая их за точечными значениями. Поэтому при использовании модели необходимо фиксировать состав экспертов, основания оценок, шкалы лингвистических переменных и правила нормирования. Без данной процедуры нечеткая модель рискует превратиться в произвольную систему баллов.

Для демонстрации предложенной процедуры рассмотрим задачу предварительного выбора между тремя инвестиционными альтернативами. В качестве альтернатив выступают: A1 – вложение в расширение действующего производственного направления; A2 – инвестиции в цифровую платформу; A3 – участие в проекте ранней стадии. Данный пример имеет методический характер и показывает порядок расчета интегрального нечеткого индекса.

Оценивание проводится по шести критериям: доходность проекта, приемлемость инвестиционного риска, ликвидность выхода из проекта, приемлемость срока возврата капитала, стратегическая значимость и достоверность исходной информации. Для критериев, имеющих характер затрат или угроз, значения предварительно интерпретируются в обратной шкале. Поэтому в модели оценивается не сам риск как величина потерь, а приемлемость риска; не продолжительность срока возврата как таковая, а приемлемость данного срока для инвестора. Такой прием позволяет привести все критерии к единой направленности: чем выше оценка, тем выше инвестиционная приемлемость альтернативы.

Для перевода лингвистических оценок в расчетную форму используется пятиуровневая шкала треугольных нечетких чисел. Значению «очень низкий» соответствует число (0; 0; 0,25), значению «низкий» – (0; 0,25; 0,50), значению «средний» – (0,25; 0,50; 0,75), значению «высокий» – (0,50; 0,75; 1,00), значению «очень высокий» – (0,75; 1,00; 1,00). Указанная шкала согласуется с общей логикой представления лингвистических переменных, предложенной Л. А. Заде [1].

Таблица 1

Веса критериев инвестиционной оценки

Критерий	Лингвистическая оценка важности	Дефаззифицированный вес	Нормированный вес
Доходность проекта	высокая	0,75	0,18
Приемлемость риска	очень высокая	0,92	0,22
Ликвидность выхода	средняя	0,50	0,12
Приемлемость срока возврата	средняя	0,50	0,12
Стратегическая значимость	высокая	0,75	0,18
Достоверность информации	высокая	0,75	0,18

Как видно из таблицы 1, наибольший нормированный вес имеет критерий приемлемости риска. Это соответствует инвестиционному профилю, при котором ожидаемая доходность не отделяется от устойчивости результата и качества исходной информации. Доходность, стратегическая значимость и достоверность информации имеют одинаковый вес, что отражает сбалансированную постановку задачи: инвестор заинтересован не только в денежном эффекте, но и в надежности предпосылок, на которых основан прогноз.

Таблица 2
Лингвистические оценки инвестиционных альтернатив

Критерий	A1	A2	A3
Доходность проекта	средняя	высокая	очень высокая
Приемлемость риска	высокая	средняя	низкая
Ликвидность выхода	средняя	средняя	низкая
Приемлемость срока возврата	средняя	средняя	низкая
Стратегическая значимость	средняя	высокая	очень высокая
Достоверность информации	высокая	средняя	низкая

Альтернатива A1 характеризуется более устойчивым профилем: она не имеет максимальной ожидаемой доходности, но обладает высокой приемлемостью риска и высокой достоверностью информации. Альтернатива A2 занимает промежуточное положение: она превосходит A1 по доходности и стратегической значимости, однако уступает по приемлемости риска и достоверности исходных данных. Альтернатива A3 имеет наиболее высокую потенциальную доходность и стратегическую значимость, но ее слабой стороной являются низкая приемлемость риска, низкая ликвидность, длительный срок возврата и недостаточная информационная определенность.

Интегральный индекс инвестиционной приемлемости рассчитывается как взвешенная сумма нечетких оценок:

$\tilde{S}i = \Sigma\, pj \times \tilde{x}ij$,

где $\tilde{S}i$ – интегральный нечеткий индекс инвестиционной приемлемости альтернативы Ai; pj – нормированный вес критерия Cj; $\tilde{x}ij$ – нечеткая оценка альтернативы Ai по критерию Cj.

По результатам расчета получены следующие значения.

Таблица 3
Расчет интегрального нечеткого индекса

Альтернатива	Интегральный нечеткий индекс $\tilde{S}i$	Дефаззифицированное значение $D(\tilde{S}i)$	Показатель размытости $R(\tilde{S}i)$
A1	(0,35; 0,60; 0,85)	0,60	0,50
A2	(0,34; 0,59; 0,84)	0,59	0,50
A3	(0,27; 0,52; 0,68)	0,49	0,41

Дефаззификация проведена по формуле центра тяжести:

$D(\tilde{S}i) = (li + mi + ui) / 3$.

Показатель размытости определяется как разность между верхней и нижней границами нечеткого индекса:

$R(\tilde{S}i) = ui - li$.

Полученные результаты показывают, что наибольшее значение интегрального индекса имеет альтернатива A1: $D(\tilde{S}1) = 0,60$. Альтернатива A2 имеет близкое значение $D(\tilde{S}2) = 0,59$, поэтому не может быть признана существенно худшей без дополнительного анализа. Различие между A1 и A2 связано главным образом с тем, что у A1 выше приемлемость риска и достоверность информации, тогда как A2 выигрывает по доходности и стратегической значимости. В условиях заданного инвестиционного профиля, где риск имеет наибольший вес, преимущество A1 оказывается методически объяснимым.

Альтернатива A3 имеет минимальное дефаззифицированное значение $D(\tilde{S}3) = 0,49$. При этом ее верхняя граница ниже, чем у A1 и A2, несмотря на высокие оценки доходности и стратегической значимости. Это означает, что высокая потенциальная отдача не компенсирует низкую ликвидность, высокий риск, длительный срок возврата и слабую достоверность исходной информации. В рамках рассматриваемой модели A3 может быть отнесена не к приоритетным объектам вложения, а к альтернативам, требующим дополнительной проверки, ограничения объема капитала или поэтапного финансирования.

Результаты расчета подтверждают прикладную значимость предложенного подхода. Модель позволяет не только получить ранжирование альтернатив, но и показать, за счет каких критериев формируется итоговое решение. Если бы выбор осуществлялся только по ожидаемой доходности, предпочтение получила бы A3. Однако учет нечетких предпочтений инвестора и качества исходной информации изменяет порядок ранжирования: на первое место выходит более сбалансированная альтернатива A1. Следовательно, применение нечеткой логики позволяет формализовать ситуацию, в которой инвестиционное решение определяется не максимизацией одного показателя, а согласованием доходности, риска, ликвидности, временного горизонта, стратегического эффекта и надежности исходной информации.

Заключение

Проведенное рассмотрение позволяет сделать вывод, что инвестиционное решение в условиях размытой информации и нечетких предпочтений следует понимать как многокритериальный выбор, в котором оценивается не только ожидаемый денежный результат, но и степень соответствия альтернативы инвестиционному профилю субъекта решения. Классические показатели эффективности остаются необходимыми, однако они не исчерпывают содержания выбора, особенно если часть данных имеет интервальный, экспертный или качественный характер.

Литература

1. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде ; пер. с англ. Н. И. Ринго ; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. – Москва : Мир, 1976. – 165 с. : ил. – (Математика. Новое в зарубежной науке ; вып. 3).
2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Семененко, М. Г. Оценка эффективности инвестиционных проектов на основе формализма нечеткой логики / М. Г. Семененко, Т. В. Лесина // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2011. – № 29 (71). – С. 63–68.
4. Тимшина, Д. В. Нечёткая логика и анализ эффективности инвестиционных проектов в среде MATLAB, Fuzzy Logic Toolbox / Д. В. Тимшина, Ю. Ю. Работа // Вестник Академии знаний. – 2014. – № 1 (8). – С. 50–60.
5. Федорова, Н. В. Нечеткие модели в планировании инвестиций / Н. В. Федорова, И. Г. Акперов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2022. – № 3. – С. 61–70. – DOI 10.24143/2072-9502-2022-3-61-70.
6. Чернов, В. Г. Нечеткие множества. Основы теории и применения : учебное пособие / В. Г. Чернов ; Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Издательство ВлГУ, 2018. – 156 с. – ISBN 978-5-9984-0869-4.
7. Bellman, R. E. Decision-Making in a Fuzzy Environment / R. E. Bellman, L. A. Zadeh // Management Science. – 1970. – Vol. 17, № 4. – P. B-141–B-164. – DOI 10.1287/mnsc.17.4.B141.
8. Buckley, J. J. Fuzzy Hierarchical Analysis / J. J. Buckley // Fuzzy Sets and Systems. – 1985. – Vol. 17, № 3. – P. 233–247. – DOI 10.1016/0165-0114(85)90090-9.
9. Carlsson, C. On Possibilistic Mean Value and Variance of Fuzzy Numbers / C. Carlsson, R. Fullér // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – Vol. 122, № 2. – P. 315–326. – DOI 10.1016/S0165-0114(00)00043-9.
10. Chen, C.-T. Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment / C.-T. Chen // Fuzzy Sets and Systems. – 2000. – Vol. 114, № 1. – P. 1–9. – DOI 10.1016/S0165-0114(97)00377-1.
11. Kahraman, C. Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review / C. Kahraman, S. Cevik Onar, B. Oztaysi // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2015. – Vol. 8. – P. 637–666. – DOI 10.1080/18756891.2015.1046325.
12. Markowitz, H. Portfolio Selection / H. Markowitz // The Journal of Finance. – 1952. – Vol. 7, № 1. – P. 77–91. – DOI 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x.
13. Zadeh, L. A. Fuzzy Sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, № 3. – P. 338–353. – DOI 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

A Methodological Approach to Investment Decision-Making in Conditions of Vague Preferences and Fuzzy Initial Information

Nanikov I.Ya.
Synergy Moscow University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article examines investment decision-making in situations where some initial parameters cannot be represented as point values, and investor preferences are linguistic and interval-based. It is argued that an investment decision in such circumstances is not simply a matter of selecting the alternative with the maximum expected monetary effect, as the outcome depends on the balance between profitability, risk, liquidity, capital repayment period, the strategic importance of the project, and resilience to adverse environmental changes. A methodological approach based on the combined use of fuzzy numbers, linguistic variables, and multicriteria convolution is proposed. The scientific novelty of the article lies in distinguishing between two types of uncertainty: fuzzy initial information about the characteristics of investment alternatives and the fuzzy preferences of the decision maker. This approach allows for the formalization of expert judgments without their premature reduction to rigid numerical estimates. A system of linguistic variables for evaluating investment alternatives is developed, and a procedure for calculating an integrated fuzzy index of investment acceptability is proposed. It is concluded that the use of fuzzy logic is appropriate for tasks such as preliminary selection of investment alternatives, project ranking, and decision support with incomplete statistical data.

Keywords: investment decision, fuzzy logic, fuzzy preferences, fuzzy information, linguistic variable, investment alternative, multicriteria choice, decision support system.

References

1. Zade, L. A. The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Decision Making / L. A. Zade; translated from English by N. I. Ringo; edited by N. N. Moiseev, S. A. Orlovsky. – Moscow: Mir, 1976. – 165 p. : ill. – (Mathematics. New in Foreign Science; issue 3).
2. Saati, T. Decision Making. The Analytic Hierarchy Process / T. Saati; translated from English by R. G. Vachnadze. – Moscow: Radio i Svyaz, 1993. – 278 p.
3. Semenenko, M. G. Evaluation of the effectiveness of investment projects based on the formalism of fuzzy logic / M. G. Semenenko, T. V. Lesina // Financial analytics: problems and solutions. - 2011. - No. 29 (71). - P. 63-68.
4. Timshina, D. V. Fuzzy logic and analysis of the effectiveness of investment projects in the MATLAB environment, Fuzzy Logic Toolbox / D. V. Timshina, Yu. Yu. Work // Bulletin of the Academy of Knowledge. - 2014. - No. 1 (8). - P. 50-60.
5. Fedorova, N. V. Fuzzy models in investment planning / N. V. Fedorova, I. G. Akperov // Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics. – 2022. – No. 3. – P. 61–70. – DOI 10.24143/2072-9502-2022-3-61-70.
6. Chernov, V. G. Fuzzy Sets. Fundamentals of Theory and Application: a tutorial / V. G. Chernov; Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov. – Vladimir: VlSU Publishing House, 2018. – 156 p. – ISBN 978-5-9984-0869-4.
7. Bellman, R. E. Decision-Making in a Fuzzy Environment / R. E. Bellman, L. A. Zadeh // Management Science. – 1970. – Vol. 17, No. 4. – P. B-141–B-164. – DOI 10.1287/mnsc.17.4.B141.
8. Buckley, J. J. Fuzzy Hierarchical Analysis / J. J. Buckley // Fuzzy Sets and Systems. – 1985. – Vol. 17, No. 3. – P. 233–247. – DOI 10.1016/0165-0114(85)90090-9.
9. Carlsson, C. On Possibilistic Mean Value and Variance of Fuzzy Numbers / C. Carlsson, R. Fullér // Fuzzy Sets and Systems. – 2001. – Vol. 122, No. 2. – P. 315–326. – DOI 10.1016/S0165-0114(00)00043-9.
10. Chen, C.-T. Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment / C.-T. Chen // Fuzzy Sets and Systems. – 2000. – Vol. 114, No. 1. – P. 1–9. – DOI 10.1016/S0165-0114(97)00377-1.
11. Kahraman, C. Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review / C. Kahraman, S. Cevik Onar, B. Oztaysi // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2015. – Vol. 8. – P. 637–666. – DOI 10.1080/18756891.2015.1046325.
12. Markowitz, H. Portfolio Selection / H. Markowitz // The Journal of Finance. – 1952. – Vol. 7, No. 1. – P. 77–91. – DOI 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x.
13. Zadeh, L. A. Fuzzy Sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, No. 3. – P. 338–353. – DOI 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

Визуально-сравнительный подход к изучению пределов и неопределённостей

Титов Вадим Евгеньевич
старший преподаватель, кафедра высшей математики и механики, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, vadimtitov460@gmail.com

В статье рассматривается проблема изучения пределов и неопределённостей в курсе математического анализа. Особое внимание уделяется трудностям, возникающим у студентов при осмыслении бесконечно больших величин и сравнении скоростей роста функций. Показывается, что студенты нередко воспринимают бесконечность как единый символ или как условное “очень большое число”, что приводит к формальному и ошибочному пониманию неопределённостей различного вида. В качестве методического решения предлагается визуально-сравнительный подход, основанный на совместном использовании таблиц значений, графиков, динамических моделей и анализа отношений функций. Такой подход позволяет формировать у студентов не только вычислительные навыки, но и концептуальное понимание предельного перехода как процесса сравнения поведения функций.
Ключевые слова: предел функции, бесконечно большие величины, скорость роста функции, неопределённость, математический анализ, визуализация, методика преподавания математики.

Введение

Понятие предела является одним из ключевых понятий математического анализа. Через него раскрываются непрерывность функции, производная, интеграл, числовые и функциональные ряды, а также многие другие разделы высшей математики. Однако именно тема пределов часто вызывает у студентов значительные трудности. Эти трудности связаны не только с алгебраическими преобразованиями, но и с отсутствием устойчивого представления о самом смысле предельного перехода.

Одной из наиболее характерных проблем является непонимание того, что бесконечно большие величины могут возрастать с различной скоростью. Студенты часто воспринимают бесконечность как единый символ, не различая ситуации, когда две функции одновременно стремятся к бесконечности, но одна из них растёт значительно быстрее другой. В результате выражение вида ∞/∞ может ошибочно восприниматься как равное единице, поскольку внешне числитель и знаменатель “одинаково бесконечны”. Однако в математическом анализе такая запись не является числовым выражением. Она указывает только на наличие неопределённости, для раскрытия которой необходимо исследовать относительное поведение функций.

Проблема соотношения формального определения и реального представления студента о математическом понятии подробно рассматривалась в работах, посвящённых понятийному образу и понятийному определению. Индивидуальный образ математического понятия у обучающегося может существенно отличаться от строгого определения и включать элементы, вызывающие когнитивные конфликты [4]. Это особенно заметно при изучении пределов, где формальная запись часто усваивается быстрее, чем её содержательный смысл.

Исследования трудностей студентов при изучении пределов также показывают, что многие ошибки возникают из-за преобладания процедурного подхода над концептуальным пониманием [5]. Студент может знать правило деления числителя и знаменателя на старшую степень переменной, но не понимать, почему именно старшая степень определяет поведение рациональной функции при $x\to\infty$. Поэтому важной задачей преподавания становится переход от механического выполнения алгоритмов к осмысленному анализу поведения функций.

Современная методика преподавания математики всё чаще обращается к визуализации как к средству повышения доступности сложного учебного материала. В российских исследованиях подчёркивается, что визуализация позволяет сочетать символическую и наглядную математику, а также активизировать восприятие учебной информации [1]. Отдельные работы посвящены использованию инфографики именно при изучении теории пределов, что подтверждает актуальность визуального представления материала в данной теме [2]. В условиях цифровизации образования особое значение приобретает и способность студента к самостоятельной учебной самоорганизации, поскольку цифровые и интерактивные средства требуют активной позиции обучающегося [3].

Цель статьи состоит в обосновании визуально-сравнительного подхода к изучению пределов и неопределённостей, при котором основное внимание уделяется сравнению скоростей роста функций. Такой подход позволяет показать студентам, что неопределённость - это не готовый результат, а указание на необходимость дальнейшего анализа.

Дидактическая проблема восприятия бесконечности и неопределённостей

При изучении пределов студенты впервые сталкиваются с ситуацией, когда привычные арифметические представления оказываются недостаточными. В школьной математике основное внимание уделяется действиям с конечными числами и конкретными выражениями. Поэтому при переходе к математическому анализу обучающиеся нередко пытаются трактовать символ ∞ как некоторое особое число. Именно это становится причиной ошибочных рассуждений.

Например, выражение $\frac{\infty}{\infty}$ иногда воспринимается студентами как обычная дробь, в которой числитель и знаменатель “равны бесконечности”. Отсюда возникает ложный вывод, что такая дробь должна быть равна единице. Но в действительности символическая запись $\frac{\infty}{\infty}$ не означает деление одного числа на другое. Она лишь показывает, что и

числитель, и знаменатель неограниченно возрастают. Результат же зависит от того, какая функция растёт быстрее.

Рассмотрим три простых примера:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x}{x}=1,$$

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x}{x^2}=0,$$

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^2}{x}=\infty.$$

Во всех трёх случаях числитель и знаменатель стремятся к бесконечности. Однако результаты различны. В первом случае функции имеют одинаковый порядок роста. Во втором случае знаменатель растёт быстрее числителя. В третьем случае, наоборот, числитель растёт быстрее знаменателя. Следовательно, сама форма $\frac{\infty}{\infty}$ не даёт ответа. Она только фиксирует необходимость сравнения функций.

Аналогичная трудность возникает при изучении неопределённости вида $\infty-\infty$.

Студент может формально рассуждать так: если из бесконечности вычесть бесконечность, то получится ноль. Но это рассуждение также неверно, поскольку результат зависит от конкретных функций. Например:

$$\lim_{x\to\infty}(x^2-x)=\infty,$$

поскольку x^2 растёт быстрее, чем x. Но

$$\lim_{x\to\infty}(x+\ln x-x)=\infty,$$

поскольку выражение сводится к ln$x$, а логарифм также неограниченно возрастает. В то же время

$$\lim_{x\to\infty}(x+5-x)=\infty.$$

Здесь внешне снова присутствует форма $\infty-\infty$, но результат конечен. Значит, неопределённость не может быть раскрыта без анализа структуры выражения.

Особенно важно подчеркнуть, что трудность заключается не только в вычислении. Студент может правильно выполнить преобразования, но при этом не понимать их смысла. Например, при нахождении предела

$$\lim_{x\to\infty}\frac{3x^2+5x+1}{x^2-7}$$

Он может механически разделить числитель и знаменатель на x^2:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{3+\frac{5}{x}+\frac{1}{x^2}}{1-\frac{7}{x^2}}=3.$$

Формально решение верно. Однако, если студент не понимает, почему слагаемые $\frac{5}{x},\frac{1}{x^2},\frac{7}{x^2}$ стремятся к нулю, то решение остаётся процедурным. Он запоминает правило, но не осознаёт, что при больших x главную роль играют члены старшего порядка.

В этом смысле важно не только научить студента вычислять пределы, но и сформировать у него представление о доминирующем росте. При больших значениях аргумента выражение $3x^2+5x+1$ ведёт себя как $3x^2$, а выражение x^2-7 ведёт себя как x^2. Поэтому вся дробь в предельном смысле приближается к $\frac{3x^2}{x^2}=3$.

Такое объяснение делает математическое преобразование содержательным. Студент начинает понимать, что деление на старшую степень - это не произвольный алгоритм, а способ выделить главные члены выражения.

Следовательно, одна из основных дидактических задач при изучении пределов состоит в том, чтобы перевести внимание студентов с формального символа бесконечности на анализ поведения функций. Для этого необходима такая методика, которая соединяет числовое, графическое и аналитическое представление предельного перехода.

Сравнение скоростей роста функций как содержательная основа изучения пределов

Ключевой идеей визуально-сравнительного подхода является рассмотрение предела как результата сравнения поведения функций. При $x\to\infty$ разные функции могут одновременно становиться бесконечно большими, но характер их роста будет различным. Поэтому для понимания неопределённостей необходимо научить студентов сравнивать скорости роста.

Наиболее простым способом такого сравнения является анализ отношения двух функций $f(x)$ и $g(x)$. Если

$$\lim_{x\to\infty}\frac{f(x)}{g(x)}=0,$$

То функция $f(x)$ растёт медленнее, чем $g(x)$.

Если

$$\lim_{x\to\infty}\frac{f(x)}{g(x)}=\infty,$$

То функция $f(x)$ растёт быстрее, чем $g(x)$.

Если

$$\lim_{x\to\infty}\frac{f(x)}{g(x)}=C,\ C\neq 0,$$

То функции имеют одинаковый порядок роста.

Эта идея позволяет объяснить студентам неопределённости не как набор исключений, а как естественное следствия конкуренции функций. Например, функции x, x^2, x^3, 2^x, ln$x$ при $x\to\infty$ ведут себя по-разному. Их можно расположить в условной иерархии роста:

$$lnx \ll x \ll x^2 \ll x^3 \ll 2^x.$$

Такая запись означает, что логарифмическая функция растёт медленнее линейной, линейная — медленнее квадратичной, квадратичная — медленнее кубической, а степенные функции при достаточно больших x уступают показательной функции. При этом важно объяснить студентам, что речь идёт не о сравнении значений на каком-то одном промежутке, а о предельном поведении функций. Наглядно эта разница представлена в таблице 1.

Таблица 1

Иерархия роста функций

x	ln$x$	x	x^2	2^x
2	0,69	2	4	4
5	1,61	5	25	32
10	2,30	10	100	1024
20	3,00	20	400	1048576
50	3.91	50	2500	$1{,}13\cdot10^{15}$

Такая таблица помогает увидеть, что все функции увеличиваются, но делают это с разной скоростью. Особенно показательным является сравнение степенной и показательной функций. На малых значениях различие может казаться не слишком существенным, но при увеличении x функция 2^x начинает расти несравнимо быстрее.

Визуальное сравнение особенно эффективно при работе с примерами, нарушающими первичную интуицию студентов. Например, можно сравнить функции $1000x$ и x^2 (Таблица 2). На начальном промежутке функция $1000x$ значительно больше.

Таблица 2

Сравнение функций 1000x и x^2.

x	$1000x$	x^2
10	10000	100
100	100000	10000
1000	1000000	1000000
10000	10000000	100000000

То есть квадратичная функция в итоге “обгоняет” линейную функцию с большим коэффициентом. В предельной форме это выражается так:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{1000x}{x^2}=\lim_{x\to\infty}\frac{1000}{x}=0.$$

Этот пример важен методически, поскольку показывает различие между локальным сравнением значений и предельным сравнением скоростей роста. Функция может быть больше на ограниченном промежутке, но расти медленнее в предельном смысле.

В работах, посвящённых трудностям изучения пределов, подчёркивается, что студенты часто имеют фрагментарные или противоречивые представления о пределе [4, 5]. Это означает, что формальное определение само по себе не гарантирует понимания. Необходимо создавать учебные ситуации, в которых студент видит связь между формулой, графиком, таблицей значений и смыслом математического действия.

Именно поэтому сравнение скоростей роста функций целесообразно вводить до подробного изучения сложных алгоритмов раскрытия неопределённостей. Сначала студент должен понять общий принцип: если в выражении присутствует несколько бесконечно больших величин, то результат зависит от того, какая из них является доминирующей.

Например:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^3+100x}{5x^3-x^2+1}.$$

При формальном решении делим числитель и знаменатель на x^3:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{1+\frac{100}{x^2}}{5-\frac{1}{x}+\frac{1}{x^2}}=\frac{1}{5}.$$

Но содержательно этот результат означает, что при больших x главными становятся члены x^3 и $5x^3$. Остальные слагаемые не исчезают буквально, но их относительное влияние уменьшается. Поэтому исходное выражение в предельном смысле ведёт себя как

$$\frac{x^3}{5x^3}=\frac{1}{5}.$$

Таким образом, сравнение скоростей роста функций позволяет студенту понять, почему неопределённость $\frac{\infty}{\infty}$ может приводить к нулю, единице, конечному числу, бесконечности или вообще требовать дополнительных преобразований. Это делает тему пределов более логичной и менее формальной.

Реализация визуально-сравнительного подхода при изучении пределов и неопределённостей

Визуально-сравнительный подход предполагает, что изучение пределов строится не только через аналитические преобразования, но и через последовательное сопоставление числовых, графических и символических представлений. Такой подход особенно важен при изучении неопределённостей, поскольку помогает студентам увидеть за формальной записью реальное поведение функций.

Первый этап методики связан с числовым наблюдением. Студентам предлагается не сразу вычислять предел, а сначала заполнить таблицу значений для нескольких функций. Например, можно сравнить x, x^2, $1000x$, 2^x. На этом этапе важно не просто получить значения, а обсудить, какая функция растёт быстрее и почему первоначальное впечатление может быть ошибочным.

Второй этап связан с графическим представлением. Студентам показываются графики функций на разных масштабах. Сначала можно рассмотреть небольшой промежуток, например $x\in[1;10]$, затем увеличить область наблюдения до $x\in[1;100]$ или $x\in[1;1000]$. Это позволяет увидеть, что поведение функции на малом промежутке не всегда отражает её предельное поведение.

Именно здесь полезно использовать интерактивные математические среды. Зарубежные исследования показывают, что применение GeoGebra и других динамических средств может способствовать развитию концептуального понимания предела за счёт усиления визуального компонента обучения [6]. Российские исследования также отмечают значимость сочетания символической и визуальной математики при изучении раздела “Пределы функций” [1].

Третий этап предполагает переход от анализа отношений функций. Например, студентам предлагается не просто сравнить $1000x$ и x^2, а рассмотреть их отношение. После упрощения получаем:

$$\frac{1000x}{x^2}=\frac{1000}{x}.$$

При $x\to\infty$

$$\frac{1000}{x}\to 0.$$

Следовательно, $1000x$ становится малой величиной по сравнению с x^2. Это объяснение позволяет студенту понять предел не как формальное вычисление, а как ответ на вопрос: какая функция растёт быстрее?

Четвёртый этап связан с разбором типичных ошибок. Например, студентам можно предложить следующее неверное рассуждение:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^2}{x}=\frac{\infty}{\infty}=1.$$

Затем необходимо показать, почему оно ошибочно. Ошибка заключается в том, что символ ∞ был воспринят как число, а различие скоростей роста было проигнорировано. Правильное рассуждение имеет вид:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^2}{x}=\lim_{x\to\infty}x=\infty.$$

Такой приём полезен, поскольку студент видит не только правильный ответ, но и причину типичной ошибки. Это особенно важно для формирования устойчивого понятийного образа предела.

Пятый этап может быть связан с использованием инфографики. Например, при изучении неопределённостей можно создать визуальную схему, в которой показано, что одна и та же форма $\frac{\infty}{\infty}$ может приводить к различным результатам, что демонстрируется в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение вариантов неопределённости вида $\frac{\infty}{\infty}$

Вид отношения	Пример	Результат	Смысл
Одинаковый рост	$\frac{x}{x}$	1	Функции растут одинаково
Знаменатель растет быстрее	$\frac{x}{x^2}$	0	Числитель отстаёт
Числитель растёт быстрее	$\frac{x^2}{x}$	∞	Числитель доминирует
Одинаковый порядок с разными коэффициентами	$\frac{2x^2-1}{x^2+7}$	2	Важны старшие коэффициенты

Такое представление согласуется с идеей использования инфографики в теории пределов, поскольку визуальная структуризация помогает сделать материал более доступным для первокурсников [2].

Шестой этап предполагает самостоятельную работу студентов с динамической моделью. Например, студент получает задание построить в интерактивной среде графики функций

$$x, x^2, 2^x, \frac{x}{x^2}, \frac{x^2}{2^x}.$$

Затем он должен объяснить, какие функции растут быстрее и как это связано с соответствующими пределами. Такая работа требует от студента активной учебной позиции, что особенно важно в условиях цифровизации образования [3].

В результате визуально-сравнительный подход можно представить как последовательность:

таблица значений → график → отношение функций → предел → смысл результата.

Такая последовательность позволяет избежать ситуации, когда студент сразу сталкивается с формальной записью, не имея содержательного образа. Сначала он наблюдает поведение функций, затем сравнивает их, после этого переходит к аналитическому выражению и только затем формулирует математический вывод.

Таким образом, визуально-сравнительный подход не заменяет строгого математического аппарата, а подготавливает студентов к его осмысленному восприятию. Он позволяет соединить интуитивное, графическое и аналитическое понимание предела.

Заключение

Изучение пределов и неопределённостей требует от студентов не только владения алгебраическими преобразованиями, но и понимания предельного перехода как особого способа анализа поведения функций. Одной из главных трудностей является восприятие бесконечности как единого символа или условного “очень большого числа”. Такое восприятие приводит к ошибкам при работе с неопределённостями вида $\frac{\infty}{\infty}$, $\infty-\infty$, $0\cdot\infty$.

Для преодоления этих трудностей целесообразно использовать визуально-сравнительный подход. Его основная идея заключается в том, что студенты должны увидеть различие между функциями, которые одновременно стремятся к бесконечности, но делают это с разной скоростью. В этом случае неопределённость перестаёт восприниматься как непонятная формальная запись и начинает пониматься как сигнал к сравнению функций.

Особое значение имеет анализ отношений функций. Именно отношение двух функций позволяет определить, какая функция растёт быстрее, какая медленнее, а какие имеют одинаковый порядок роста. На этой основе можно объяснить, почему одна и та же неопределённость $\frac{\infty}{\infty}$ может приводить к разным результатам.

Предлагаемая методика включает таблицы значений, графики, инфографику, динамические модели и разбор типичных ошибок. Такое сочетание позволяет формировать у студентов более целостное представление о пределе. При этом визуализация не подменяет строгие определения, а выполняет подготовительную и объяснительную функцию: она помогает студенту увидеть математический смысл тех действий, которые затем записываются аналитически.

Таким образом, визуально-сравнительный подход может рассматриваться как эффективное средство формирования концептуального пони-

мания пределов и неопределённостей. Его применение особенно актуально при обучении студентов, для которых тема пределов является одной из первых тем, требующих перехода от вычислительной математики к абстрактному математическому мышлению.

Литература

10. Архипова Н. А., Евдокимова Н. Н., Казеев А. Е., Рудина Т. В., Максимов В. В. Визуализация как один из методов изучения математики в техническом вузе // Мир науки. Педагогика и психология. 2024. Т. 12. № 3. Ст. 06PDMN324.

11. Исламгулова Г. Ф. Инфографика в теории пределов // KANT. 2017. № 1 (22). С. 17–19.

12. Романова Ю. С., Пастухова Е. В. Исследование эффективности обучения в эпоху цифровизации: анализ учебной самоорганизации студентов // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 4 (142). DOI: 10.23670/IRJ.2024.142.104.

13. Tall D., Vinner S. Concept Image and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity // Educational Studies in Mathematics. 1981. Vol. 12. P. 151–169. DOI: 10.1007/BF00305619.

14. Bezuidenhout J. Limits and Continuity: Some Conceptions of First-Year Students // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 2001. Vol. 32. No. 4. P. 487–500. DOI: 10.1080/00207390010022590.

15. Baye M. G., Ayele M. A., Wondimuneh T. E. Implementing GeoGebra Integrated with Multi-Teaching Approaches Guided by the APOS Theory to Enhance Students' Conceptual Understanding of Limit in Ethiopian Universities // Heliyon. 2021. Vol. 7. No. 5. Article e07012. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07012.

A Visual-Comparative Approach to the Study of Limits and Uncertainties

Titov V.E.

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This article examines the problem of studying limits and uncertainties in mathematical analysis. Particular attention is paid to the difficulties students encounter when comprehending infinitely large quantities and comparing the growth rates of functions. It is shown that students often perceive infinity as a single symbol or as a conventional "very large number," leading to a formal and erroneous understanding of various types of uncertainties. A visual-comparative approach based on the combined use of tables of values, graphs, dynamic models, and the analysis of function relationships is proposed as a methodological solution. This approach helps develop students' computational skills and a conceptual understanding of limit transition as a process of comparing the behavior of functions.

Keywords: limit of a function, infinitely large quantities, growth rate of a function, uncertainty, mathematical analysis, visualization, mathematics teaching methods.

References

1. Arkhipova N. A., Evdokimova N. N., Kazeev A. E., Rudina T. V., Maksimov V. V. Visualization as One of the Methods of Studying Mathematics at a Technical University. World of Science. Pedagogy and Psychology, 2024, vol. 12, no. 3, article 06PDMN324.
2. Islamgulova G. F. Infographics in the Theory of Limits. KANT, 2017, no. 1 (22), pp. 17–19.
3. Romanova Yu. S., Pastukhova E. V. Study of Learning Efficiency in the Era of Digitalization: Analysis of Students' Educational Self-Organization. International Research Journal, 2024, no. 4 (142). doi:10.23670/IRJ.2024.142.104.
4. Tall D., Vinner S. Concept Image and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity // Educational Studies in Mathematics. 1981. Vol. 12. P. 151–169. DOI: 10.1007/BF00305619.
5. Bezuidenhout J. Limits and Continuity: Some Conceptions of First-Year Students // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 2001. Vol. 32. No. 4. P. 487–500. DOI: 10.1080/00207390010022590.
6. Baye M. G., Ayele M. A., Wondimuneh T. E. Implementing GeoGebra Integrated with Multi-Teaching Approaches Guided by the APOS Theory to Enhance Students' Conceptual Understanding of Limit in Ethiopian Universities // Heliyon. 2021. Vol. 7. No. 5. Article e07012. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07012.

Дифференциально-игровая модель олигополии с НИОКР и перетоками знаний

Ткачев Сергей Александрович
аспирант, Московский университет "Синергия", serg10101_2001@mail.ru

Предложена симметричная дифференциально-игровая модель олигополии с эндогенным накоплением запаса знаний у каждой из n фирм и непрямыми эффектами перетоков интенсивностью β ∈ [0, 1]. Фирмы одновременно выбирают объёмы выпуска в условиях Курно-конкуренции и темп вложений в НИОКР; запас знаний снижает удельные издержки производства. Для равновесия Нэша открытого типа получено замкнутое аналитическое выражение стационарного состояния и условие устойчивости Θ·η < 1. Параметры откалиброваны по годовым отчётам четырёх крупнейших российских фармпроизводителей инновационного сегмента (АО «Р-Фарм», АО «БИОКАД», АО «Фармстандарт», ООО «ГЕРОФАРМ») за 2021–2024 гг. и данным Роспатента. При базовой калибровке (β = 0,20, n = 4) частное равновесие обеспечивает 78 % социально-оптимального запаса знаний; потери общественного благосостояния — 7,3 %. При базовой калибровке стимулирующая ставка субсидии составляет 20 %; результат чувствителен к β (см. табл. 5). Зависимость частных инвестиций от числа фирм немонотонна, максимум R&D-интенсивности — при n = 3.

Ключевые слова: дифференциальная игра, олигополия, НИОКР, перетоки знаний, равновесие Нэша, стационарное состояние, фармацевтическая отрасль России, субсидирование инноваций.

1. Введение

Задача о распределении ресурсов олигополиста между производством и научными разработками не сводится к статическому Курно. Вложения в НИОКР дают отдачу с лагом, их результаты частично утекают к соперникам, запас знаний — актив с переменной нормой обновления. Когда горизонт планирования превышает один отчётный период, требуется аппарат дифференциальных игр.

Для российской экономики вопрос приобрёл прикладное звучание после 2022 г. Курс на технологический суверенитет (Стратегия научно-технологического развития до 2030 г. в редакции 2024 г.) потребовал пересмотра инструментов поддержки частных НИОКР [1]. По оценке ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, к 2023 г. доля затрат бизнеса в совокупных внутренних затратах на исследования и разработки в РФ составляла около 29 % — при среднем показателе ОЭСР около 58 % [2]. Частные стимулы к инвестированию в знания в олигопольных условиях систематически ниже общественно-оправданного уровня, но величина разрыва зависит от структурных параметров рынка.

Решающую роль берёт на себя параметр β — норма перетоков знаний: какая доля результатов НИОКР одной фирмы попадает к её соперникам без дополнительных вложений (через патентные раскрытия, миграцию кадров, публикации, обратный инжиниринг). При β = 0 фирмы — изолированные лаборатории, при β = 1 — общий исследовательский консорциум. Реальные отрасли располагаются между этими крайностями.

Формальная традиция восходит к d'Aspremont и Jacquemin [3]. Динамическая версия с явным запасом знаний обсуждалась у Cellini и Lambertini [4], в последнее десятилетие развивалась у L. Lambertini [5] и Kobayashi [6]. Российская школа (М.И. Гераськин, Г.А. Угольницкий) сосредоточилась на гамильтоновых методах и устойчивости коалиционных решений [7–9]. Настоящая работа продолжает эту линию с тремя отличиями: замкнутое выражение x_{ss} как функции β, n, δ, ρ; сопоставление трёх режимов — Нэша, картеля, социального оптимума; калибровка на годовых отчётах четвёрки инновационно-активных фармпроизводителей России за 2021–2024 гг.

2. Модель и методы

2.1. Постановка

В отрасли действуют n ≥ 2 симметричных фирм, производящих однородный товар. Обратная функция спроса линейна:

$$p(Q) = a - Q, Q = \sum_i q_i \quad (1)$$

где a > 0 — ёмкость рынка, q_i — выпуск фирмы i. Фирма обладает запасом знаний $x_i(t) \geq 0$ — нематериальный капитал (патенты, ноу-хау, компетенции персонала). Удельные издержки линейно убывают с ростом запаса:

$$c_i(x_i) = c_0 - \eta \cdot x_i, \eta \in (0, \frac{c_0}{x_{max}}] \quad (2)$$

где η — отдача знаний, c_0 — издержки «без накопленного опыта». Управляющие переменные — выпуск $q_i(t)$ и интенсивность НИОКР $k_i(t) \geq 0$. Издержки исследовательской деятельности квадратичны: $\gamma \cdot k^2/2$ с индексом i — отражает возрастающие предельные издержки найма исследователей. Динамика запаса:

$$\dot{x}_i(t) = k_i(t) + \beta \cdot \sum_{j \neq i} k_j(t) - \delta \cdot x_i(t), x_i(0) = x_i^0 \quad (3)$$

где β ∈ [0, 1] — экзогенная норма перетоков, δ > 0 — норма устаревания знаний. Мгновенная прибыль:

$$\pi_i(t) = [a - Q(t) - c_0 + \eta \cdot x_i(t)] \cdot q_i(t) - \gamma \cdot \frac{k_i^2(t)}{2} \quad (4)$$

Фирма максимизирует приведённый поток:

$$J_i = \int_0^\infty e^{-\rho t} \cdot \pi_i(t)\, dt \quad (5)$$

где ρ > 0 — норма дисконтирования. Равновесие ищется в стратегиях открытого типа: фирма заранее выбирает траектории $k_i(t), q_i(t)$ и не корректирует их в ответ на отклонения соперников. Такой выбор даёт замкнутую аналитику; марковски-совершенное равновесие обсуждается в п. 4.

Уточним структуру задачи. В open-loop равновесии траектории соперников $k_j^*(t)$ фиксируются в момент t = 0 и входят в уравнение (3) экзогенно, как аддитивный форсинг; состояния $x_j(t)$ при j ≠ i с позиции фирмы i полностью детерминированы этим форсингом и не являются для неё управляемыми переменными. Поэтому задача оптимального управления фирмы i формулируется только над её собственным состоя-

нием x_i; гамильтониан (8) содержит единственное состояние и единственную сопряжённую переменную λ_i. Такая схема вывода — каноническая для open-loop Nash (Dockner, Jørgensen, Long, Sorger, 2000, гл. 4, 7) и в точности повторяет подход Cellini & Lambertini [4]. Полная n-мерная система сопряжённых переменных со стратегиями $k_i(x_1, \dots, x_n)$ возникает только в марковски-совершенном равновесии, обсуждаемом в п. 4 как направление дальнейшего исследования.

2.2. Статическая редукция выпусков

Оптимум по q_i при фиксированных $\{x_j\}$ — задача Курно с неоднородными издержками. Условие первого порядка $a - Q - c_0 + \eta \cdot x_i - q_i = 0$ даёт:

$$q_i(x) = \frac{a - c_0}{n+1} + \frac{\eta}{n+1} \cdot \left[n \cdot x_i - \sum_{j \neq i} x_j\right] \quad (6)$$

Цена $p(x) = [a + n \cdot c_0 - \eta \cdot \sum_i x_i]/(n+1)$. Тождество Курно при линейном спросе даёт $\pi_i^{prod} = q_i^2$. Задача (5) сводится к:

$$J_i = \int_0^\infty e^{-\rho t} \cdot \left[q_i^2(x(t)) - \gamma \cdot \frac{k_i^2(t)}{2}\right] dt \quad (7)$$

2.3. Условия Понтрягина. Равновесие Нэша открытого типа

Гамильтониан фирмы i:

$$H_i = q_i^2 - \gamma \cdot \frac{k_i^2}{2} + \lambda_i \cdot \left[k_i + \beta \cdot \sum_{j \neq i} k_j^*(t) - \delta \cdot x_i\right] \quad (8)$$

где $\lambda_i(t)$ — сопряжённая к x_i переменная, $k_j^*(t)$ — равновесные траектории соперников (фиксированы в open-loop). Условие первого порядка по k_i даёт $k_i(t) = \lambda_i(t)/\gamma$. Уравнение сопряжённой переменной с учётом $\partial q_i/\partial x_i = n \cdot \eta/(n+1)$:

$$\lambda_i = (\rho + \delta) \cdot \lambda_i - \frac{2 \cdot n \cdot \eta \cdot q_i}{n+1} \quad (9)$$

2.4. Стационарное состояние

В симметричном стационаре $x_i \equiv x, \lambda_i \equiv \lambda, k_i \equiv k, q_i \equiv q$. Подставляя $q = (a - c_0 + \eta \cdot x)/(n+1)$, $\dot{x} = 0$, $\lambda = 0$ и исключая λ, получаем балансовое уравнение. Вводя безразмерный параметр

$$\Theta = \frac{2 \cdot n \cdot \eta \cdot [1 + \beta \cdot (n-1)]}{\gamma \cdot \delta \cdot (\rho + \delta) \cdot (n+1)^2} \quad (10)$$

находим:

$$x_{ss} = \frac{\theta \cdot (a - c_0)}{1 - \theta \cdot \eta}, \theta \cdot \eta < 1 \quad (11)$$

Условие $\Theta \cdot \eta < 1$ обеспечивает ограниченность стационарного запаса. Экономически оно означает, что самоусиливающийся контур «знания → рента → НИОКР → знания» затухает. Остальные равновесные величины:

$$k_{ss} = \frac{\delta \cdot x_{ss}}{1 + \beta \cdot (n-1)}, q_{ss} = \frac{a - c_0 + \eta \cdot x_{ss}}{n+1} \quad (12)$$

$$p_{ss} = \frac{a + n \cdot c_0 - n \cdot \eta \cdot x_{ss}}{n+1}, \pi_{ss} = q_{ss}^2 - \gamma \cdot \frac{k_{ss}^2}{2} \quad (13)$$

2.5. Альтернативные режимы: картель и социальный планировщик

Для оценки расхождения частного равновесия с общественным оптимумом вычисляются два эталонных решения. В картельном режиме фирмы согласуют выпуск и НИОКР, максимизируя совокупную прибыль:

$$x_{cartel} = \frac{\Phi \cdot (a - c_0)}{1 - \Phi \cdot \eta}, \Phi = \frac{\eta \cdot [1 + \beta \cdot (n-1)]^2}{2 \cdot n \cdot \gamma \cdot \delta \cdot (\rho + \delta)} \quad (14)$$

Социальный планировщик максимизирует сумму прибыли и потребительского излишка $CS = Q^2/2$:

$$x_{SP} = \frac{\Psi \cdot (a - c_0)}{1 - \Psi \cdot \eta}, \Psi = \frac{\eta \cdot [1 + \beta \cdot (n-1)]^2}{n \cdot \gamma \cdot \delta \cdot (\rho + \delta)} \quad (15)$$

Ψ = 2Φ: планировщик накапливает вдвое больше знаний, чем картель. Соотношение x_{NE} и x_{SP} зависит от β и n (п. 3.7).

2.6. Численная реализация

Выражения (10)–(15) реализованы в Python: sympy — символьный вывод, scipy — численная оптимизация, интегрирование системы (3), (9) методом Рунге–Кутты 4–5 порядка (solve_ivp, RK45). Ноутбук с расчётами приложен к статье.

3. Результаты

3.1. Данные и источники

Выбор отрасли не случаен. Фармацевтика — редкий для России сектор, где одновременно выполнены три условия: структура внутреннего производства лекарственных средств (ЛС) олигопольная в биотехнологическом инновационном сегменте (4–5 компаний концентрируют большую часть отечественного портфеля оригинальных препаратов биологического происхождения); R&D-расходы хотя бы фрагментарно раскрываются в годовой отчётности и аудиторских заключениях; перетоки знаний поддаются измерению через патенты, клинические публикации, миграцию персонала.

По данным аналитической компании DSM Group [14] суммарный объём российского фармрынка в 2024 г. составил 2,85 трлн руб., причём ТОП-20 производителей (совокупно отечественных и иностранных) обеспечивают около 44 % рынка, а первые три позиции занимают зарубежные компании (AstraZeneca, Bayer, Novartis). Крупнейшие российские производители по выручке 2024 г. — ПАО «Озон Фармацевтика» (25,6 млрд руб.), Биннофарм Групп, Фармасинтез, АО «Фармстандарт» (46,6 млрд руб.), АО «БИОКАД» (47,3 млрд руб.). Четыре компании, чьи отчёты взяты в настоящей работе за 2021–2024 гг., в сумме дают около 10–12 % национального производства ЛС и порядка одной четверти биотехнологического инновационного сегмента; выбор обусловлен не долей рынка в целом, а наблюдаемостью R&D-политики и наличием конкурирующих линий оригинальных биопрепаратов.

Эмпирическая выборка охватывает отчётности четырёх производителей — АО «Р-Фарм», АО «БИОКАД», АО «Фармстандарт», ООО «ГЕРОФАРМ» — за 2021–2024 гг. [10–13]. Раскрытие R&D-расходов российскими фармкомпаниями фрагментарно: АО «Фармстандарт» с марта 2017 г. — непубличное общество после делистинга с Московской биржи и LSE, ООО «ГЕРОФАРМ» как общество с ограниченной ответственностью корпоративную годовую отчётность на e-disclosure.ru в полном объёме не публикует; данные по этим эмитентам восстанавливаются через ресурсы бухгалтерской отчётности (ГИР БО ФНС России — bo.nalog.gov.ru, audit-it.ru, СПАРК, Контур.Фокус) и вторичные обзоры. Для публичных АО «Р-Фарм» (кредитный рейтинг «Эксперт РА» ruAA+ от 09.08.2024) и АО «БИОКАД» доступность глубже, но структура раскрытия не унифицирована. Модельные R&D-интенсивности следует поэтому интерпретировать как усреднённые оценки по четвёрке, а не как точные значения для каждой компании в отдельности.

С учётом этих ограничений средняя доля затрат на НИОКР в выручке по четвёрке в 2023 г. оценивается диапазонно — около 2,5–3,0 %. По отдельным эмитентам разброс существенен: порядка 0,3 % у «Р-Фарм» (0,13 % в 2022 г. по обзору «Деловой профиль» [15]), 4–6 % у «БИОКАД» и «ГЕРОФАРМ», 1–2 % у «Фармстандарта». Приведённые точечные ориентиры заимствованы из цитируемых источников [14, 15] и сверены с аналитическими обзорами ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [2], а не постулированы автором. Эмпирический диапазон 0,3–6,0 % по четвёрке и средняя 2,5–3,0 % значительно ниже международной планки (6–30 % для мировых лидеров big pharma и biotech), но выше среднего российского фоновника (0,5–1 % для отрасли в целом). С этим диапазоном должна согласовываться модельная оценка (см. п. 3.3).

Список источников данных: годовые отчёты и списки аффилированных лиц эмитентов на Центре раскрытия корпоративной информации (e-disclosure.ru); бухгалтерская (финансовая) отчётность ГИР БО ФНС России (bo.nalog.gov.ru); патентные массивы Роспатента (fips.ru, rupto.ru); аналитические обзоры DSM Group [14] и «Делового профиля» [15]; статистический сборник «Индикаторы науки: 2024» ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [2]; ретроспектива ключевой ставки Банка России [17].

3.2. Калибровка параметров

Приводимая ниже процедура — калибровка параметров на отраслевые данные, а не независимая эконометрическая оценка. В условиях фрагментарного раскрытия R&D-расходов по отдельным эмитентам российского фармсегмента калибровка со сверкой модельных моментов с эмпирическими диапазонами является методологически корректным выбором (Kydland, Prescott; традиция RBC-моделей). По каждому структурному параметру указываются целевой момент или литературная опора, принятое базовое значение и диапазон для анализа чувствительности (п. 4).

Отдача знаний η = 0,08. Параметр откалиброван так, чтобы модельная R&D-интенсивность $\gamma \cdot k_{ss}^2/(2 \cdot p_{ss} \cdot q_{ss})$ при базовом β = 0,20 соответствовала наблюдаемому диапазону 1,8–3,0 % для российского биотех-сегмента. Значение согласуется с литературными оценками эластичности удельных издержек по накопленному R&D-капиталу в фармацевтике — 0,05–0,12 (Hall, Mairesse, Mohnen 2010; Grabowski, Vernon 2000). Диапазон чувствительности: η ∈ [0,06; 0,10].

Норма устаревания знаний δ = 0,12. Параметр соответствует медианному коммерчески эффективному сроку жизни фармацевтического патента около 8 лет (DiMasi et al. 2016); в литературе по амортизации R&D-капитала типовой диапазон δ ∈ [0,10; 0,20] (Hall 2007). Опорный ориентир по российским данным получен как обратная величина наблюдаемой медианы активного использования патента $1/8{,}3 \approx 0{,}12$, где 8,3 года — медиана «живой» фазы патента в портфеле четвёрки по данным Роспатента за 2019–2024 гг. (патент рассматривается как «живой», если в данном году поддерживается в силе, не отозван и не признан недействительным). Диапазон чувствительности: δ ∈ [0,09; 0,15].

Норма перетоков знаний β = 0,20. Значение опирается на литературные оценки межфирменных перетоков в high-tech секторах: Jaffe (1986) — 0,10–0,30; Bloom, Schankerman, Van Reenen (2013) — 0,15–0,25 для фарм/биотех; для РФ — оценки О.Г. Голиченко [19] по национальной инновационной системе. Дополнительные эвристические ориентиры

по данным четвёрки: отношение темпа роста патентной активности фирмы к R&D-расходам конкурентов с лагом 2 года — около 0,19; индекс кадровой мобильности, построенный по базе публикационной аффилиации авторов (совпадение аффилиации ключевых исследователей-авторов в последующие годы с конкурирующими фирмами отрасли), — около 0,22. Оба эвристических ориентира согласуются с принятым базовым значением β = 0,20; диапазон чувствительности: β ∈ [0,10; 0,40].

Ставка дисконтирования ρ = 0,18. Значение принято как медиана интервала средневзвешенной стоимости капитала (WACC) отрасли за 2021–2024 гг., рассчитанной по стандартной формуле

$$\rho = WACC = \frac{E}{V} \cdot r_e + \frac{D}{V} \cdot r_d \cdot (1 - t), r_e = r_f + \beta_e \cdot ERP$$

Численные параметры: безрисковая ставка $r_f \approx 11\,\%$ (среднее по ОФЗ 10Y за 2021–2024 гг. при амплитуде ключевой ставки ЦБ РФ от 4,25 % в начале 2021 г. до 21 % в октябре 2024 г. [17]); $\beta_e \approx 1{,}0$ — отраслевой бета-коэффициент для фармацевтики (Damodaran, 2024); $ERP \approx 7\,\%$ — премия за акционерный риск для РФ; $r_d \approx 16\,\%$ — стоимость корпоративного долга (средняя ставка по корпоративным облигациям эмитентов сопоставимого кредитного качества); $t = 0{,}20$ — базовая ставка налога на прибыль; $D/V \approx 0{,}35$ — типичная доля долга в структуре капитала четвёрки. Подстановка даёт WACC в интервале 16–19 %; базовое значение ρ = 0,18 принято как медиана интервала. Диапазон чувствительности: ρ ∈ [0,14; 0,22].

Технологические параметры a и c_0. Используется нормировка a = 1,00, $c_0 = 0{,}50$; параметр масштаба издержек R&D γ = 1,00 откалиброван совместно с η на целевую R&D-интенсивность. Число фирм n = 4 соответствует составу выборки (Р-Фарм, БИОКАД, Фармстандарт, ГЕРОФАРМ).

Таблица 1
Параметры базовой калибровки и диапазоны чувствительности

Параметр	Значение	Диапазон	Источник / опора
a	1,00	—	нормировка
c_0	0,50	—	нормировка
η	0,08	[0,06; 0,10]	Hall–Mairesse–Mohnen 2010; Grabowski–Vernon 2000
γ	1,00	—	калибровка на R&D-интенсивность
δ	0,12	[0,09; 0,15]	DiMasi et al. 2016; Hall 2007; Роспатент
ρ	0,18	[0,14; 0,22]	WACC отрасли 2021–2024; ЦБ РФ [17]; Damodaran
β	0,20	[0,10; 0,40]	Jaffe 1986; Bloom et al. 2013; Голиченко [19]
n	4	{2, 3, 4, 5, 6, 8}	состав выборки четвёрки

3.3. Валидация

Модельная доля НИОКР в выручке частного равновесия при базовой калибровке составляет $\gamma \cdot k_{ss}^2/(2 \cdot p_{ss} \cdot q_{ss}) = 1{,}79\,\%$. Оценка попадает в эмпирический диапазон 2021–2024 гг. для выбранной четвёрки (0,3–6,0 %) и сопоставима с отраслевой средней 2,5–3,0 % (DSM Group [14], «Деловой профиль» [15], ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [2]). Совпадение модельного и эмпирического моментов R&D/выручки подтверждает внутреннюю согласованность откалиброванного набора {η, γ, δ, ρ, β} при n = 4.

Дополнительная проверка — знак и порядок величины стимулирующей субсидии s^*: при β = 0,20 модель даёт $s^* = 20\,\%$, что укладывается в диапазон 15–30 % для российских отраслей со средней интенсивностью перетоков, называемый О.Г. Голиченко [19]. Сравнительная статика по β (п. 3.5) даёт монотонное возрастание равновесного запаса знаний, что качественно согласуется с ростом патентной активности в более открытых технологических сегментах.

3.4. Стационарные значения в трёх режимах

Подставляя в (10)–(13) и (14)–(15), получаем равновесие в трёх режимах при β = 0,20, n = 4.

Таблица 2
Стационарные значения: три режима (β = 0,20, n = 4)

Режим	x_ss	k_ss	q_ss	Q_total	p_ss	W
Нэш (Курно)	0,626	0,0469	0,1100	0,440	0,560	0,1408
Картель	0,377	0,0283	0,0663	0,265	0,735	0,1038
Планировщик	0,802	0,0602	0,1410	0,564	0,436	0,1519

Картель инвестирует в знания почти вдвое меньше равновесия Нэша ($x_{cartel}/x_{NE} \approx 0{,}60$). На первый взгляд — парадокс, но это эффект Эрроу: монополист, ограничивающий выпуск, получает меньшую отдачу от снижения издержек и вкладывается в знания сдержаннее.

3.5. Сравнительная статика по норме перетоков β

Таблица 3
Сравнительная статика по β (n = 4)

β	x_ss	k_ss	q_ss	p_ss	π_ss	R&D/Выр.
0,00	0,377	0,0452	0,1060	0,576	0,01022	1,68 %
0,10	0,499	0,0461	0,1080	0,568	0,01060	1,73 %
0,20	0,626	0,0469	0,1100	0,560	0,01100	1,79 %
0,30	0,757	0,0478	0,1121	0,552	0,01143	1,85 %
0,40	0,894	0,0488	0,1143	0,543	0,01188	1,92 %
0,50	1,036	0,0497	0,1166	0,534	0,01235	1,99 %

Рост β сопровождается монотонным увеличением запаса знаний и всех остальных равновесных величин, включая частные прибыли. Результат — специфика open-loop-стратегий: фирма не учитывает, что её вложения помогают соперникам, и не снижает k_i в ответ на рост β. Весь эффект перетоков работает как бесплатный бонус к собственному запасу знаний. В марковски-совершенном равновесии прямой стратегический дестимул существует, и зависимость k_{ss} от β становится немонотонной при β ≈ 0,35–0,45. Модельная R&D-интенсивность умеренно реагирует на β — от 1,68 % при β = 0 до 1,99 % при β = 0,50 — что согласуется с эмпирической устойчивостью показателя R&D/выручка у отдельных компаний во времени.

3.6. Влияние числа фирм n

Таблица 4
Стационарные значения при разных n (β = 0,20)

n	x_ss	k_ss	Q_total	p_ss	R&D/Выр.
2	0,655	0,0655	0,368	0,632	1,84 %
3	0,643	0,0551	0,414	0,586	1,88 %
4	0,626	0,0469	0,440	0,560	1,79 %
5	0,610	0,0407	0,457	0,543	1,66 %
6	0,596	0,0358	0,469	0,531	1,54 %
8	0,575	0,0288	0,485	0,515	1,32 %

Пик R&D-интенсивности достигается при n = 3 и составляет 1,88 %. Это воспроизводит известный эмпирический факт: умеренная конкуренция (3–4 крупных игрока) чаще связана с максимальной инновационной активностью, чем дуополия или фрагментированный рынок. При увеличении n отдача каждой фирмы от собственных вложений падает — расширение конкуренции съедает маржу, но растёт совокупный поток перетоков $\beta \cdot (n - 1) \cdot k$. Два эффекта уравновешиваются между n = 3 и n = 4.

3.7. Разрыв с социальным оптимумом. Калибровка субсидии

Таблица 5
Эффективность частного равновесия относительно социального оптимума

β	x_NE/x_SP	k_NE/k_SP	(W_SP−W_NE)/W_SP	Ставка s*
0,00	1,297	1,297	2,71 %	(налог, не субсидия)
0,10	0,983	0,983	4,27 %	1,5 %
0,20	0,780	0,780	7,30 %	20,0 %
0,30	0,634	0,634	11,86 %	32,6 %
0,40	0,522	0,522	18,02 %	41,8 %

При β = 0 частное равновесие инвестирует больше планировщика ($x_{NE}/x_{SP} > 1$): без перетоков олигополисты конкурируют интенсивнее социальной оптимальности, а планировщик, учитывая дублирование исследовательских усилий, предпочитает более умеренный объём; формальный «выравнивающий инструмент» в этом случае — пигувианский налог, а не субсидия. При β > 0,08–0,10 внешний эффект в пользу соперников делает частные стимулы ниже социальных, и разрыв быстро растёт.

Стимулирующая субсидия s^* определяется так: при ставке s государство компенсирует долю расходов на НИОКР, эффективный параметр γ становится равен γ·(1 − s). Условие $k_{NE}^{subsid} = k_{SP}$ даёт замкнутое выражение:

$$s^* = 1 - \frac{2 \cdot n^2}{(n + 1)^2 \cdot [1 + \beta \cdot (n - 1)]}$$

Существенное структурное свойство формулы: ставка s^* зависит только от n и β и не зависит от калибровочных параметров η, γ, δ, ρ. Это означает, что ключевой policy-результат о величине стимулирующей субсидии инвариантен к калибровке всех структурных параметров модели, кроме n и β, — то есть не подвержен критике воспроизводимости калибровки в отношении η, γ, δ, ρ. При базовой калибровке (β = 0,20, n = 4) расчёт даёт $s^* = 20\,\%$; результат чувствителен к β (см. табл. 5). Действующий налоговый вычет на НИОКР с коэффициентом 1,5 (п. 2 ст. 262 НК РФ) при ставке налога на прибыль 20 % даёт эффективную субсидию порядка 10 % — покрывает около половины требуемого уровня при β = 0,20. На наш взгляд, это один из источников наблюдаемого разрыва в инновационной активности между РФ и странами ОЭСР [18].

4. Обсуждение

Модель, как и всякая линейно-квадратичная редукция, закрывает глаза на многое: линейный спрос, симметричные фирмы, детерминированный НИОКР, стратегии открытого типа. Каждое допущение можно смягчить, но не все одновременно.

Что остаётся верным при ослаблении допущений? Замкнутая форма для x_{ss} устойчива к умеренным обобщениям: для асимметричных фирм с квадратичной структурой издержек система сводится к обобщённому уравнению Риккати. Знак эффекта перетоков на равновесные инвестиции в open-loop-модели положителен — свойство стратегии, а не функциональных форм. В марковски-совершенном равновесии знак не обязательно положителен [5, 16], но полученные оценки s^* служат нижней границей. Оценка $s^* \approx 20$ % при β = 0,20 укладывается в диапазон 15–30 %, который называет О.Г. Голиченко для российских отраслей со средней интенсивностью перетоков [19]; точные цифры зависят от способа измерения β — здесь необходима осторожность в оценках.

Чувствительность результатов к калибровке. При вариации ±25 % параметров η, δ, ρ от базовых значений ключевые качественные выводы работы сохраняются. Именно: (i) немонотонная зависимость частных инвестиций от числа фирм сохраняет пик в точке n = 3 на всём исследованном диапазоне (диапазоны см. табл. 1); (ii) при β = 0,2 отношение x_{NE}/x_{SP} остаётся строго меньше единицы на всём диапазоне вариации η, δ, ρ, то есть частное равновесие не дотягивает до социального оптимума; (iii) стимулирующая ставка $s^* = 1 - 2 \cdot n^2/[(n+1)^2 \cdot (1 + \beta \cdot (n-1))]$ инвариантна к калибровке η, γ, δ, ρ и зависит только от (n, β) — то есть её воспроизводимость обеспечивается замкнутой формой, а не калибровочными данными. Количественная величина разрыва $(W_{SP} - W_{NE})/W_{SP}$ чувствительна к η и β: рост η удешевляет отдачу знаний и уменьшает процентный разрыв, а рост β его увеличивает. Поэтому числовые оценки 7,3 % (для потерь благосостояния) и 20 % (для ставки субсидии) следует читать как базовые калибровочные значения, а не как точечные прогнозы.

Ограничения эмпирической базы подробно обсуждены в п. 3.1: раскрытие R&D-расходов российскими фармкомпаниями фрагментарно, АО «Фармстандарт» после делистинга — непубличное АО, ООО «ГЕРОФАРМ» полной отчётности на e-disclosure.ru не публикует, и данные восстанавливаются через ГИР БО ФНС, СПАРК и вторичные обзоры. Указанные R&D-интенсивности следует интерпретировать как усреднённые оценки по четвёрке, а не точные значения для каждой компании.

Есть встречный аргумент по политике. Прямые субсидии искажают конкуренцию и привлекают рентоориентированное поведение. Налоговые вычеты нейтральнее, но зависят от способности фирмы генерировать налогооблагаемую прибыль — в просевших отраслях они не работают. Политика сочетания инструментов (грант + льготный кредит + вычет + софинансирование через институты развития), де-факто сложившаяся в последние три года, ближе к реальности, чем любой отдельный инструмент модели; её эффективность, однако, трудно оценить [20, 21].

5. Заключение

Построенная дифференциально-игровая модель олигополии с НИОКР и перетоками знаний даёт замкнутое аналитическое описание стационарного состояния равновесия открытого типа. Условие устойчивости $\Theta \cdot \eta < 1$ определяет границу применимости; внутри этой области сравнительная статика проводится в явном виде. Главные результаты калибровки на данных российской фармотрасли: при β = 0,20 частное равновесие обеспечивает 78 % социально-оптимального запаса знаний; потери общественного благосостояния — 7,3 %. При базовой калибровке стимулирующая ставка субсидии составляет 20 %; результат чувствителен к β (табл. 5). Структурная формула $s^* = 1 - 2 \cdot n^2/[(n+1)^2 \cdot (1 + \beta \cdot (n-1))]$ зависит только от n и β и инвариантна к калибровке η, γ, δ, ρ, что обеспечивает воспроизводимость этого policy-результата независимо от эмпирической неопределённости в остальных параметрах. Действующий налоговый вычет 1,5 покрывает около половины требуемого уровня при β = 0,20. Максимум R&D-интенсивности достигается при n = 3, что согласуется с международной литературой об оптимальной концентрации рынка для инновационной активности [22]. Модельная R&D-интенсивность ≈ 1,8 % лежит в центре эмпирически наблюдаемого диапазона для биотехнологического сегмента российской фармы (0,3–6,0 % по четвёрке в 2021–2024 гг.).

Дальнейшее развитие видится в трёх направлениях: переход к марковски-совершенному равновесию на том же эмпирическом материале; учёт асимметрии фирм и неопределённости НИОКР через стохастический компонент в (3); отказ от линейного спроса в пользу изоэластичной функции для отраслей с высокой дифференциацией продукта.

Литература

1. Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // СЗ РФ. 2024. № 10. Ст. 1373.

2. Индикаторы науки: 2024. Статистический сборник / Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский, Е.И. Евневич и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2024. 400 с.

3. D'Aspremont C., Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers // American Economic Review. 1988. Vol. 78, No. 5. Pp. 1133–1137.

4. Cellini R., Lambertini L. Dynamic R&D with spillovers: Competition vs cooperation // Journal of Economic Dynamics and Control. 2009. Vol. 33, No. 3. Pp. 568–582.

5. Lambertini L. Differential games in industrial economics. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 272 p.

6. Kobayashi S. On a dynamic model of cooperative and noncooperative R&D in oligopoly with spillovers // Dynamic Games and Applications. 2015. Vol. 5, No. 4. Pp. 599–619.

7. Гераськин М.И. Анализ предположительных вариаций в киберфизической игровой системе олигополии при различных моделях спроса потребителей и затрат фирм // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-predpolozhitelnyh-variatsiy-v-kiberfizicheskoy-igrovoy-sisteme-oligopolii-pri-razlichnyh-modelyah-sprosa-potrebiteley-i (дата обращения: 18.04.2026).

8. Угольницкий Г.А. Иерархическое управление устойчивым развитием. М.: Физматлит, 2010. 331 с.

9. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Алгоритмы решения дифференциальных моделей иерархических систем управления // Автоматика и телемеханика. 2016. № 5. С. 148–158.

10. Центр раскрытия корпоративной информации. Карточка эмитента АО «Фармстандарт» (ИНН 0274110679, ОГРН 1060274031047). URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/company.aspx?id=9187 (дата обращения: 20.04.2026). После делистинга с Московской биржи 24.03.2017 и LSE 08.11.2016 — непубличное АО; раскрытие частичное. Бухгалтерская (финансовая) отчётность за 2021–2024 гг. — ГИР БО ФНС России, URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (дата обращения: 20.04.2026).

11. Центр раскрытия корпоративной информации. Карточка эмитента АО «Р-Фарм» (ИНН 7726311464, ОГРН 1027739700020). URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/company.aspx (поиск по ИНН/ОГРН) (дата обращения: 20.04.2026). Бухгалтерская (финансовая) отчётность за 2021–2024 гг. — ГИР БО ФНС России, URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (дата обращения: 20.04.2026). Кредитный рейтинг ruAA+ «Эксперт РА» от 09.08.2024. URL: https://raexpert.ru/releases/2024/aug09e (дата обращения: 20.04.2026).

12. Центр раскрытия корпоративной информации. Карточка эмитента АО «БИОКАД» (ИНН 5024048000, ОГРН 1025002867196). URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/company.aspx (поиск по ИНН/ОГРН) (дата обращения: 20.04.2026). Бухгалтерская (финансовая) отчётность за 2021–2024 гг. — ГИР БО ФНС России, URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (дата обращения: 20.04.2026).

13. Бухгалтерская (финансовая) отчётность ООО «ГЕРОФАРМ» (ИНН 7826043970, ОГРН 1027810343417) за 2021–2024 гг. — ГИР БО ФНС России. URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (дата обращения: 20.04.2026).

14. Фармацевтический рынок России 2023. Аналитическая компания DSM Group. М., 2024. URL: https://dsm.ru/docs/analytics/Annual_report_2023_RUS_.pdf; отчёт за 2024 — текущий релиз DSM Group, перечень публикаций: https://dsm.ru/news-reports/ (дата обращения: 20.04.2026).

15. Фармацевтический рынок России в 2024 году: аналитический обзор. Деловой профиль. URL: https://delprof.ru/press-center/open-analytics/farmatsevticheskiy-rynok-rossii/ (дата обращения: 20.04.2026).

16. Yeung D.W.K., Petrosyan L.A. Cooperative dynamic games with control lags // Dynamic Games and Applications. 2019. Vol. 9, No. 2. Pp. 550–567.

17. Динамика ключевой ставки Банка России. URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/ (дата обращения: 20.04.2026).

18. Клейнер Г.Б. Интеллектуальная теория фирмы // Вопросы экономики. 2021. № 1. С. 73–97.

19. Голиченко О.Г. Национальная инновационная система: от концепции к методологии исследования // Вопросы экономики. 2014. № 7. С. 35–50.

20. Клейнер Г.Б. Системная экономика: шаги развития. М.: Научная библиотека, 2021. 746 с.

21. Акбердина В.В., Романова О.А. Региональные аспекты индустриального развития: обзор подходов к формированию приоритетов и

механизмов регулирования // Экономика региона. 2021. Т. 17, № 3. С. 714–736.

22. Бабурин В.Л., Земцов С.П. Инновационный потенциал регионов России. М.: КДУ: Университетская книга, 2017. 358 с.

A differential-game model of oligopoly with r&d and knowledge spillovers

Tkachev S.A.
Moscow University for Industry and Finance "Synergy"

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

A symmetric differential-game model of oligopoly is proposed, with endogenous accumulation of a knowledge stock and indirect spillovers of intensity $\beta \in [0, 1]$. Firms simultaneously choose output under Cournot competition and the rate of R&D investment; the knowledge stock reduces unit production costs. For the open-loop Nash equilibrium a closed-form steady state is derived, together with the stability condition $\Theta \cdot \eta < 1$. Calibration uses annual reports of four large Russian pharmaceutical producers with observable R&D spending (R-Pharm, Biocad, Pharmstandard, Geropharm) for 2021–2024 and Rospatent data. At the baseline ($\beta = 0.20$, $n = 4$) private equilibrium delivers 78 % of the socially optimal knowledge stock; the welfare gap is 7.3 %. At the baseline calibration the aligning R&D subsidy rate is 20 %; the result is sensitive to β (Table 5). The dependence of private investment on the number of firms is non-monotonic, with a peak of R&D-intensity at $n = 3$.

Keywords: differential game, oligopoly, R&D, knowledge spillovers, Nash equilibrium, steady state, Russian pharmaceutical industry, R&D subsidy.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of February 28, 2024, No. 145 "On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2024. No. 10. Article 1373.
2. Science Indicators: 2024. Statistical Digest / L.M. Gokhberg, K.A. Ditkovsky, E.I. Evnevich, et al.; National Research University "Higher School of Economics". Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2024. 400 p.
3. D'Aspremont C., Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers // American Economic Review. 1988. Vol. 78, No. 5. pp. 1133–1137.
4. Cellini R., Lambertini L. Dynamic R&D with spillovers: Competition vs. cooperation // Journal of Economic Dynamics and Control. 2009. Vol. 33, No. 3, pp. 568–582.
5. Lambertini L. Differential games in industrial economics. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 272 p.
6. Kobayashi S. On a dynamic model of cooperative and noncooperative R&D in oligopoly with spillovers // Dynamic Games and Applications. 2015. Vol. 5, No. 4, pp. 599–619.
7. Geraskin M.I. Analysis of hypothetical variations in a cyber-physical game system of oligopoly under different models of consumer demand and firm costs // Bulletin of ASTU. Series: Management, Computing, and Information Science. 2025. No. 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-predpozhitelnyh-variatsiy-v-kiberfizicheskoy-igrovoy-sisteme-oligopolii-pri-razlichnyh-modelyah-sprosa-potrebiteley-i (date of access: 18.04.2026).
8. Ugolnitsky G.A. Hierarchical Management of Sustainable Development. Moscow: Fizmatlit, 2010. 331 p.
9. Ugolnitsky G.A., Usov A.B. Algorithms for Solving Differential Models of Hierarchical Control Systems // Automation and Telemechanics. 2016. No. 5. pp. 148–158.
10. Corporate Information Disclosure Center. Issuer card of JSC Pharmstandard (TIN 0274110679, OGRN 1060274031047). URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/company.aspx?id=9187 (accessed on April 20, 2026). After delisting from the Moscow Exchange on March 24, 2017, and from the London Stock Exchange on November 8, 2016 — non-public JSC; partial disclosure. Accounting (financial) statements for 2021–2024 — GIR BO FTS of Russia, URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (accessed on April 20, 2026).
11. Corporate Information Disclosure Center. Issuer card of JSC R-Pharm (TIN 7726311464, OGRN 1027739700020). URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/company.aspx (search by TIN/OGRN) (accessed on April 20, 2026). Accounting (financial) statements for 2021–2024 — GIR BO FTS of Russia, URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (accessed on April 20, 2026). Credit rating ruAA+ "Expert RA" from August 9, 2024. URL: https://raexpert.ru/releases/2024/aug09e (accessed on April 20, 2026). 12. Corporate Information Disclosure Center. Issuer card of JSC BIOCAD (TIN 5024048000, OGRN 1025002867196). URL: https://www.e-disclosure.ru/portal/company.aspx (search by TIN/OGRN) (accessed on April 20, 2026). Accounting (financial) statements for 2021–2024 — GIR BO FTS of Russia, URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (accessed on April 20, 2026).
13. Accounting (financial) statements of OOO GEROPHARM (TIN 7826043970, OGRN 1027810343417) for 2021–2024 — GIR BO FTS of Russia. URL: https://bo.nalog.gov.ru/ (accessed: 20.04.2026).
14. Russian Pharmaceutical Market 2023. DSM Group Analytical Company. Moscow, 2024. URL: https://dsm.ru/docs/analytics/Annual_report_2023_RUS_.pdf; the 2024 report is the current release of DSM Group, list of publications: https://dsm.ru/news-reports/ (accessed: 20.04.2026).
15. Russian Pharmaceutical Market in 2024: Analytical Review. Business Profile. URL: https://delprof.ru/press-center/open-analytics/farmatsevticheskiy-rynok-rossii/ (accessed: 20.04.2026).
16. Yeung D.W.K., Petrosyan L.A. Cooperative dynamic games with control lags // Dynamic Games and Applications. 2019. Vol. 9, No. 2. Pp. 550–567.
17. Dynamics of the Bank of Russia Key Rate. URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/ (date of access: 20.04.2026).
18. Kleiner G.B. Intelligent Theory of the Firm // Voprosy Ekonomiki. 2021. No. 1. Pp. 73–97.
19. Golichenko O.G. National Innovation System: From Concept to Research Methodology // Voprosy Ekonomiki. 2014. No. 7. Pp. 35–50.
20. Kleiner G.B. System Economy: Steps of Development. Moscow: Nauchnaya Biblioteka, 2021. 746 p.
21. Akberdina V.V., Romanova O.A. Regional Aspects of Industrial Development: A Review of Approaches to Forming Priorities and Regulatory Mechanisms // Regional Economy. 2021. Vol. 17, No. 3. pp. 714–736.
22. Baburin V.L., Zemtsov S.P. Innovative Potential of Russian Regions. Moscow: KDU: University Book, 2017. 358 p.

Сравнительный анализ методов машинного обучения в задаче прогнозирования частоты энергосистем

Угрюмов Иван Алексеевич
магистрант, Московский политехнический университет,
ugrumov.i@yandex.ru,

Царькова Наталья Ивановна
к.э.н., доцент, Московский политехнический университет, tsarkovani@mail.ru

В работе проведён сравнительный анализ методов прогнозирования временных рядов на примере сигнала частоты энергосистемы, зарегистрированного в локальной электрической сети при помощи устройства синхронизированных векторных измерений (PMU). Рассмотрены линейная регрессия в качестве базового подхода и нейронные сети различных архитектур: свёрточная (CNN), рекуррентная (LSTM) и сеть на основе механизма внимания (Transformer). Качество прогноза оценивалось по метрикам средней абсолютной и средней абсолютной процентной ошибки с учётом вычислительных затрат на обучение моделей. Результаты экспериментов показали, что все рассмотренные методы обеспечивают сопоставимую точность прогнозирования, при этом разница в вычислительных затратах между линейной регрессией и нейросетевыми моделями достигает двух порядков. Сделан вывод о том, что точность прогнозирования в данной задаче определяется не выбором архитектуры, а стохастической природой сигнала частоты, что необходимо учитывать при разработке практических систем мониторинга и управления в энергосистемах.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, синхронизированные векторные измерения, прогнозирования временных рядов, машинное обучение, нейронные сети.

Введение

Современный этап развития электроэнергетики характеризуется устойчивым ростом потребления электроэнергии, обусловленным рядом факторов, включая цифровизацию экономики, электрификацию транспорта и расширение распределённой генерации. Эти процессы приводят к усложнению топологии и режимов работы энергосистем, а также к повышению нагрузки на оборудование и каналы управления. В этих условиях возрастают требования к точности и надежности мониторинга и прогнозирования ключевых параметров сети.

Одним из наиболее важных параметров, характеризующих режим работы энергосистемы, является частота. Она отражает мгновенный баланс между генерацией и потреблением электроэнергии: снижение частоты указывает на преобладание потребления над генерацией, повышение – на преобладание генерации. Таким образом, отклонения частоты от номинального значения служат прямым индикатором нарушения этого баланса. Значительные или продолжительные отклонения могут приводить к срабатыванию систем автоматической защиты, ухудшению качества электроэнергии и, в предельных случаях, к развитию системных аварий вплоть до отключения крупных участков сети. Точное и своевременное прогнозирование частоты необходимо для принятия упреждающих управляющих решений, стабильной работы генерирующего оборудования и повышения устойчивости энергосистемы в целом.

Современные системы мониторинга энергосистем, основанные на устройствах синхронизированных векторных измерений (PMU) [1], позволяют получать сигнал частоты с высокой точностью и временной привязкой. Накопление значительных объемов измерительных данных создает основу для применения методов машинного обучения в задачах анализа параметров работы энергосистем [2].

Для прогнозирования временных рядов используется широкий спектр методов. Классические статистические подходы – линейная регрессия, авторегрессионные модели (ARIMA) хорошо изучены, вычислительно эффективны и легко интерпретируемы, однако опираются на предположения о стационарности и линейности процессов. В последние годы наблюдается рост популярности методов машинного и глубокого обучения, в частности свёрточных (CNN) и рекуррентных (LSTM, GRU) нейронных сетей, а также гибридных архитектур. Такие модели способны учитывать нелинейную динамику сигнала и сложные временные зависимости, но требуют значительных вычислительных ресурсов и больших объёмов обучающих данных.

Задачи прогнозирования частоты и других параметров энергосистем активно исследуются в последние годы. В [3] предложен метод восстановления пропущенных данных на основе глубокого обучения. Выявление локальных аномалий в данных СВИ на основе множественной линейной регрессии рассмотрено в [4]. В [5] выполняется поиск низкочастотных колебаний при помощи сверточной нейронной сети (CNN). Прогнозирование минимального провала частоты после возмущения в энергосистемах с высокой долей возобновляемых источников энергии рассматривается в [6].

Поведение нейросетевых моделей на сигналах частоты энергосистемы – нестационарных, содержащих как медленные тренды, так и быстрые колебания – заранее неочевидно и требует экспериментальной проверки. Это определяет целесообразность сравнительного анализа различных нейросетевых архитектур на реальных измерительных данных с использованием классической модели линейной регрессии в качестве точки отсчёта.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных взят суточный сигнал частоты энергосистемы, зарегистрированный в локальной сети напряжением 220 В при помощи устройства синхронизированных векторных измерений (PMU). Частота дискретизации сигнала составляет 50 Гц, количество отсчетов – 4,32 млн. Данные разделены на обучающую и тестовую выборки в соотношении 70 на 30. На рисунке 1 представлен исходный сигнал и его фрагмент.

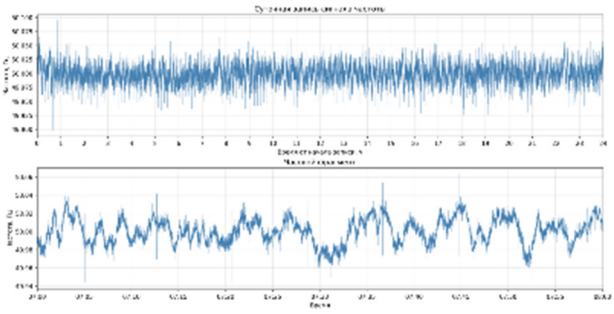


Рисунок 1 – Исходные данные.

В сравнительный анализ включены четыре метода, различающиеся по архитектуре и вычислительной сложности. Линейная регрессия используется в качестве базовой модели, относительно которой оценивается эффективность более сложных подходов. Свёрточная нейронная сеть (CNN) учитывает нелинейные зависимости и обеспечивает извлечение локальных признаков сигнала. Рекуррентная нейронная сеть (LSTM) предназначена для моделирования длительных временных зависимостей за счёт механизма долговременной памяти. Архитектура на основе механизма внимания (Transformer) представляет современный подход, в котором взаимосвязи между всеми отсчётами входного окна оцениваются одновременно с использованием механизма self-attention. Данный набор моделей позволяет оценить влияние усложнения модели на качество прогнозирования. В таблице 1 приведены основные параметры методов машинного обучения.

Таблица 1

Основные параметры методов машинного обучения.

Метод	Основные параметры
CNN	2 свёрточных слоя с подвыборкой
LSTM	2 последовательных рекуррентных блока с регуляризацией
Transformer	2 блока энкодера с механизмом self-attention

Для всех рассматриваемых методов задача прогнозирования сформулирована единообразно: на вход подается фрагмент сигнала длиной 5 секунд, на выходе формируется прогноз сигнала на 1 секунду. Данные интервалы выбраны исходя из требований практических приложений: горизонт прогноза в 1 секунду достаточен для систем автоматического регулирования и противоаварийной автоматики, а входное окно в 5 секунд обеспечивает достаточный объем информации о предшествующей динамике сигнала при сохранении умеренной вычислительной нагрузки.

Качество прогноза оценивалось по двум метрикам.

Средняя абсолютная ошибка (MAE) отражает среднее отклонение прогноза от фактического значения в тех же единицах, что и сигнал, устойчива к выбросам:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - x_i|,$$

где y_i – спрогнозированное значение, x_i – истинное значение, i – индекс наблюдения, n – размер выборки.

Средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) характеризует относительную величину ошибки и используется для сопоставления точности различных моделей:

$$MAPE = \frac{100\%}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - x_i}{y_i}\right|.$$

Результаты и обсуждение

Метрики качества прогноза и время обучения каждой модели приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты обучения моделей.

Метод	MAE, мГц	MAPE	Время обучения, с
Linear	1,84	0,0037	7
CNN	1,68	0,0034	302
LSTM	1,74	0,0035	1759
Transformer	1,75	0,0035	1893

Все рассмотренные методы обеспечивают сопоставимую точность прогнозирования: значения средней абсолютной ошибки находятся в диапазоне 1,68–1,84 мГц, а средняя абсолютная процентная ошибка – на уровне 0,003–0,004% для всех моделей. Наилучший результат показала свёрточная нейронная сеть (1,68 мГц), однако её преимущество над линейной регрессией составляет около 9% при увеличении времени обучения более чем в 40 раз. Рекуррентная сеть и сеть на основе механизма внимания дали практически идентичные результаты (1,74 и 1,75 мГц соответственно), при этом их обучение заняло около 30 минут – почти на три порядка дольше, чем обучение линейной регрессии. Таким образом, переход от классической статистической модели к современным нейросетевым архитектурам не приводит к существенному улучшению точности, но сопровождается резким ростом вычислительных затрат.

На рисунке 2 представлены прогнозы методов на участке тестовой выборки длительностью 10 секунд с предшествующим контекстом длиной 5 секунд.

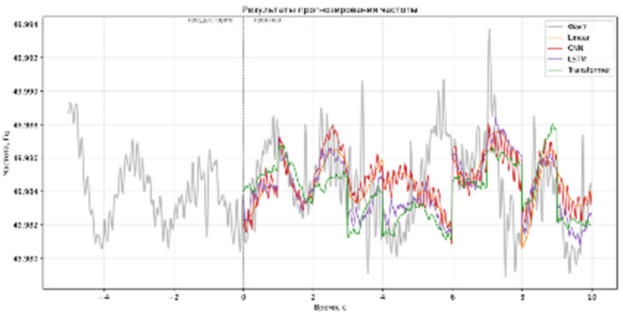


Рисунок 2 – Результаты прогнозирования частоты.

Поведение моделей во временной области различается заметно сильнее, чем интегральные метрики. Линейная регрессия формирует гладкие предсказания, отражающие условное математическое ожидание будущих значений по предыстории. Нейросетевые модели дополнительно воспроизводят локальную шумовую компоненту сигнала: CNN формирует ритмичные высокочастотные колебания, LSTM и Transformer – менее регулярные, но также содержащие шумовую составляющую. На границах прогнозных окон видны характерные ступенчатые переходы, обусловленные независимым прогнозированием каждого окна от собственной предыстории. Все методы демонстрируют запаздывание в точках резкого изменения направления сигнала: на интервале от 1 до 2 секунд предыстория содержала нисходящий тренд, и все модели логично продолжили его вниз, тогда как фактический сигнал развернулся вверх. Это отражает фундаментальную непредсказуемость случайной составляющей сигнала частоты, которую не способна воспроизвести ни одна из рассмотренных моделей.

Распределения поточечных ошибок прогноза, представленные на рисунке 3, дополнительно подтверждают близость рассмотренных методов.

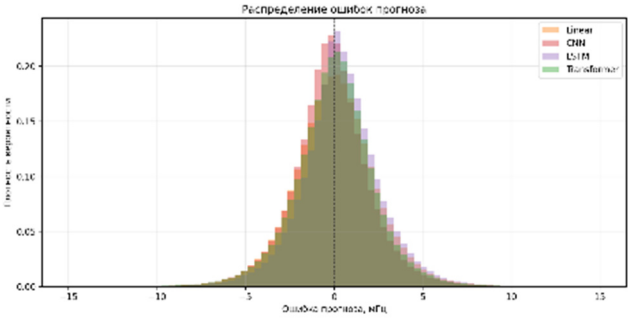


Рисунок 3 – Распределение ошибок прогноза.

Все четыре распределения симметричны относительно нуля, что свидетельствует об отсутствии систематического смещения у каждой из моделей, и практически совпадают по форме и ширине. Основная масса ошибок укладывается в диапазон ±3 мГц, при этом наблюдаются тяжёлые хвосты, простирающиеся до ±10 мГц, что соответствует точкам с резкими изменениями направления сигнала. Различия между моделями проявляются лишь в тонкой структуре пика и не превышают величины, характерной для шумовой составляющей.

Совокупность полученных результатов показывает, что точность прогнозирования в данной задаче ограничена не возможностями моделей, а стохастической природой самого сигнала. При относительной близости методов по точности существенно различаются их вычислительные характеристики: линейная регрессия обеспечивает практически тот

же уровень ошибки за время в десятки и сотни раз меньшее, чем нейросетевые архитектуры. Это означает, что для практических задач прогнозирования мгновенных значений частоты в энергосистемах применение сложных нейросетевых моделей не оправдано с точки зрения соотношения точности и вычислительных затрат.

Заключение

В работе проведён сравнительный анализ методов прогнозирования временных рядов на примере сигнала частоты энергосистемы, зарегистрированного с помощью устройства синхронизированных векторных измерений в локальной электрической сети. Рассмотрены линейная регрессия в качестве базовой модели и три нейросетевые архитектуры – сверточная (CNN), рекуррентная (LSTM) и сеть на основе механизма внимания (Transformer).

Результаты экспериментов показали, что все рассмотренные методы обеспечивают сопоставимую точность прогнозирования: значения средней абсолютной ошибки находятся в диапазоне 1,7-1,8 мГц, а распределения поточечных ошибок практически идентичны по форме и ширине. При этом разница в вычислительных затратах между линейной регрессией и нейросетевыми моделями достигает двух порядков. Анализ прогнозов во временной области показал, что линейная регрессия формирует гладкие предсказания, отражающие условное математическое ожидание будущих значений, тогда как нейросетевые методы дополнительно воспроизводят локальную шумовую компоненту сигнала, что не приводит к существенному улучшению средней ошибки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что точность прогнозирования в данной задаче определяется не выбором архитектуры, а стохастической природой сигнала частоты. Применение сложных нейросетевых моделей на задачах с подобной природой данных не оправдано с точки зрения соотношения точности и вычислительных затрат, что необходимо учитывать при разработке практических систем мониторинга и управления в энергосистемах.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: переход от прогнозирования мгновенных значений к прогнозированию статистических характеристик сигнала или аномальных событий; использование сглаженной низкочастотной составляющей в качестве целевой переменной; расширение горизонта прогнозирования с привлечением дополнительных признаков, таких как параметры нагрузки и состояние генерирующего оборудования.

Литература

1. Арун Г. Фадке, Джеймс С. Торп. Синхронизированные векторные измерения и их применение. Мир энергетики. – 2-е изд. М.: Техносфера. 2021. 320 с. ISBN: 978-5-94836-571-8.
2. V. S. Kumar, T. Wang, K. S. Aggour, P. Wang, P. J. Hart and W. Yan. Big Data Analysis of Massive PMU Datasets: A Data Platform Perspective // 2021 IEEE Power & Enrgy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Washington, DC, USA, 2021, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ISGT49243.2021.9372203.
3. B. E. Baningobera and I. Oleinikova. Improving Frequency Stability Assessment through K-Nearest Neighbours and Machine Learning Techniques // 2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE), Grenoble, France, 2023, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ISGTEUROPE56780.2023.10408184.
4. M. Rafferty, et. al. Local Anomaly Detection by Application of Regression Analysis on PMU Data // 2018 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Portlang, OR, USA, 2018, pp. 1-5. DOI: 10.1109/PESGM.2018.8586320.
5. Угрюмов И. А. Применение машинного обучения для выявления низкочастотных колебаний в энергосистеме // Энергия Арктики 2024: сборник материалов международной научно-технической конференции, г. Архангельск, 18-20 декабря 2024 г. С. 46-49. EDN: XMBIYW.
6. S. Yang, Q. Meng, Y. Zhang, Z. Hao and B. Zhang. Simplified Prediction Model of Frequency Nadir for Power Systems Penetrated With Renewable Energy // 2022 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Denver, CO, USA, 2022, pp. 1-5. DOI: 10.1109/PESGM48719.2022.9917200.

Comparative Analysis of Machine Learning Methods in the Power System Frequency Forecasting Task

Ugryumov I.A., Tsarkova N.I.
Moscow Polytechnic University

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

This paper presents a comparative analysis of time series forecasting methods applied to a power system frequency signal recorded in a local electrical network using a Phasor Measurement Unit (PMU). Linear regression is considered as a baseline approach, along with neural networks of various architectures: convolutional (CNN), recurrent (LSTM), and an attention-based network (Transformer). Forecasting quality was assessed using mean absolute error and mean absolute percentage error metrics, taking into account the computational cost of model training. The experimental results show that all the considered methods provide comparable forecasting accuracy, while the difference in computational cost between linear regression and neural network models reaches two orders of magnitude. It is concluded that forecasting accuracy in this task is determined not by the choice of architecture but by the stochastic nature of the frequency signal, which should be taken into account when developing practical monitoring and control systems for power grids.

Keywords: electric power systems, phasor measurement units, time series forecasting, machine learning, neural networks.

References

1. A. G. Phadke, J. S. Thorp. Synchronized Phasor Measurements and Their Applications. World of Energy. 2nd edition M.: Tekhnosfera, 2021. 320 p. ISBN: 978-5-94836-571-8.
2. V. S. Kumar, T. Wang, K. S. Aggour, P. Wang, P. J. Hart and W. Yan. Big Data Analysis of Massive PMU Datasets: A Data Platform Perspective // 2021 IEEE Power & Enrgy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Washington, DC, USA, 2021, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ISGT49243.2021.9372203.
3. B. E. Baningobera and I. Oleinikova. Improving Frequency Stability Assessment through K-Nearest Neighbours and Machine Learning Techniques // 2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE), Grenoble, France, 2023, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ISGTEUROPE56780.2023.10408184.
4. M. Rafferty, et. al. Local Anomaly Detection by Application of Regression Analysis on PMU Data // 2018 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Portlang, OR, USA, 2018, pp. 1-5. DOI: 10.1109/PESGM.2018.8586320.
5. Ugryumov I. A. Application of Machine Learning for the Detection of Low-Frequency Oscillations in Power System // Arctic Energy 2024: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Arkhangelsk, December 18-20, 2024, pp. 46-49. EDN: XMBIYW.
6. S. Yang, Q. Meng, Y. Zhang, Z. Hao and B. Zhang. Simplified Prediction Model of Frequency Nadir for Power Systems Penetrated With Renewable Energy // 2022 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Denver, CO, USA, 2022, pp. 1-5. DOI: 10.1109/PESGM48719.2022.9917200.

Эконометрическое моделирование спроса на полимерные трубы в России в условиях волатильности строительного рынка: сценарный подход

Хакки Аднан Мухаммад Али
доцент, кафедра математики и анализа данных, факультет информационные технологий и анализа больших данных, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, ahakki@fa.ru,

Сидоркин Антон Алексеевич
студент, факультет "Высшая школа управления", Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации", 259325@edu.fa.ru

Статья посвящена построению эконометрической модели спроса на полимерные трубы в Российской Федерации с учетом нестабильности строительного рынка. Производство полимерных труб в стране выросло с 310 тыс. тонн в 2017 г. до рекордных 1 167 тыс. тонн в 2023 г., после чего последовал спад на фоне ужесточения денежно-кредитной политики. Авторами обоснован выбор методологии ARDL bounds test, позволяющей работать с короткими временными рядами и переменными смешанного порядка интеграции. Для учета волатильности применена GARCH-спецификация условной дисперсии цен на полимерное сырье. Рассмотрены три макроэкономических сценария развития отрасли до 2028 г.: базовый, оптимистический и пессимистический. Прогнозные расчеты показали, что долгосрочные государственные программы модернизации ЖКХ формируют устойчивый фундамент спроса, однако его краткосрочная траектория определяется ключевой ставкой ЦБ РФ и условиями ипотечного кредитования. Результаты адресованы производителям полимерных труб, отраслевым аналитикам и органам государственного управления.

Ключевые слова: полимерные трубы, эконометрическое моделирование, спрос, строительный рынок, волатильность, ARDL, GARCH, сценарный подход, модернизация ЖКХ, газификация.

Введение

Российский рынок полимерных труб за последние восемь лет прошел полный цикл: от умеренных 310 тыс. тонн производства в 2017 г. до абсолютного максимума в 1 167 тыс. тонн в 2023 г. и последующего отката к 1 082 тыс. тонн в 2024 г. [1, 6]. Потребление полиэтиленовых труб на душу населения за этот же период фактически удвоилось — с 3,4 до примерно 6 кг на человека [2]. Однако уже в первом полугодии 2025 г. отраслевые аналитики фиксируют сокращение спроса на 11–20 % [3], что ставит перед исследователями конкретную задачу: какие факторы определяют амплитуду колебаний и можно ли спрогнозировать их дальнейшее поведение?

Строительная отрасль, генерирующая свыше 90 % потребления полимерных труб, сама отличается заметной нестабильностью. Стандартное отклонение темпов роста строительных работ за 2018–2024 гг. составило $\sigma \approx 3{,}2$ п.п. при среднем значении 4,2 %, а коэффициент вариации достиг 76 % [4]. Пандемия, санкционные шоки, резкие колебания ключевой ставки — все это транслировалось в волатильность спроса на трубную продукцию с временным лагом от одного до трех кварталов.

Между тем русскоязычных академических публикаций, применяющих эконометрический аппарат непосредственно к рынку полимерных труб, мы не обнаружили ни в CyberLeninka, ни в eLibrary, ни в Scopus. Работы по смежной тематике — моделирование спроса на цемент, сталь, пиломатериалы — выполнены преимущественно зарубежными авторами [7, 8]. Этот факт определяет научную новизну настоящего исследования и его практическую направленность: мы предлагаем верифицируемую модель, пригодную для сценарного прогнозирования спроса на полимерные трубы с горизонтом до 2028 г.

Теоретические основания и обзор литературы

Эконометрическое прогнозирование спроса на строительные материалы опирается на три группы методов: классические временные ряды (ARIMA), многомерные коинтеграционные модели (VAR/VECM, ARDL) и гибридные подходы с привлечением машинного обучения [9]. Каждая группа обладает собственной областью применимости, и выбор конкретного инструментария диктуется характеристиками выборки.

Jiang, Liu [7] продемонстрировали эффективность панельной VECM при прогнозировании спроса в строительном секторе Австралии (MAPE < 10 %). Shiha, El-adaway [8] установили каузальные связи по Грейнджеру между макроиндикаторами и ценами на цемент и сталь. Zhang et al. [9] в обзоре 34 исследований 2012–2022 гг. выявили доминирование VECM и нейросетей.

Для российских данных критично ограничение длины рядов: квартальная статистика по полимерным трубам доступна лишь с 2017 г. (≈ 32 наблюдения), что исключает полноценную VAR-идентификацию. Pesaran, Shin, Smith [10] предложили ARDL bounds test, применимый при малых выборках и смешанном порядке интеграции I(0)/I(1); Narayan [11] рассчитал критические значения для выборок < 100 наблюдений.

Волатильность цен на полимерное сырье — еще одна характерная черта рынка: цена ПЭ100 (натуральный) колебалась от 75 тыс. руб./т (середина 2023 г.) до 145 тыс. руб./т (апрель 2024 г.) [5]. Моделирование подобных процессов посредством GARCH, заложенного Engle [13] и Bollerslev [14], позволяет включить условную дисперсию в уравнение спроса и учесть эффект ценовой неопределенности.

Сценарный подход формализован Waggoner, Zha [16] для VAR-систем и Antolín-Díaz et al. [17] для структурных моделей. В российской практике сценарное прогнозирование разрабатывалось Шировым и Гусевым [18]; Дебердиева и Фролова [19] продемонстрировали его состоятельность на примере нефтяного машиностроения.

Эмпирическая база и переменные модели

Информационную базу составили данные Росстата, Центрального банка РФ, Минстроя России, а также отраслевые обзоры mrc.ru и ProAqua.pro за 2017–2025 гг. Зависимая переменная — объем потребления полимерных труб (тыс. тонн). Набор объясняющих переменных сформирован на основе отраслевого анализа (табл. 1).

Таблица 1
Переменные эконометрической модели

Обозн.	Содержание	Ед. изм.	Источник
Y	Потребление полимерных труб	тыс. т	Росстат, mrc.ru
X_1	Ввод жилья	млн кв. м	Росстат, Минстрой
X_2	Объем строительных работ (реальн.)	трлн руб.	Росстат
X_3	Объем ипотечных кредитов	трлн руб.	ЦБ РФ, ДОМ.РФ
X_4	Средневзвешенная ставка ИЖК	%	ЦБ РФ
X_5	Индекс цен ПЭ100	руб./т	plastinfo.ru
X_6	Инвестиции в основной капитал	трлн руб.	Росстат
X_7	Расходы на модернизацию ЖКХ	млрд руб.	Минстрой
D_1–D_3	Дамми-переменные (COVID, санкции, отмена льготной ипотеки)	0/1	—

Временной ряд производства демонстрирует отчетливую нелинейность: среднегодовой темп прироста за 2017–2023 гг. составил 24,3 %, тогда как за 2023–2025 гг. он сменился спадом на 7–20 %. Строительные работы выросли с 8,4 трлн руб. (2018) до 16,78 трлн руб. (2024), однако индекс физического объема обнаружил замедление с 7,9 % (2023) до 2,1 % (2024) [4].

Отдельного комментария заслуживает ипотечный фактор. Объем выдач увеличился с 2,02 трлн руб. (2017) до 7,9 трлн руб. (2023), затем обвалился до 4,8 трлн руб. в 2024 г. после прекращения массовой льготной программы [5]. Рыночная ставка на начало 2025 г. превысила 20 %.

Кроме перечисленных переменных, мы включили три дамми: D_1 — ковидный шок 2020 г. (стагнация физического объема строительства при +0,1 %), D_2 — санкционный импульс 2022 г. (парадоксальный рост на 7,5 % за счет госзаказа), D_3 — отмена льготной ипотеки (с III кв. 2024 г.). Необходимость этих индикаторов объясняется просто: без них модель воспринимает структурные разрывы как выбросы, и оценки коэффициентов смещаются.

Методология исследования

Методологический выбор обусловлен тремя ограничениями эмпирической базы: короткий временной ряд (≈ 32 квартальных наблюдения), смешанный порядок интеграции переменных и наличие условной гетероскедастичности в ценах на сырье. Мы предлагаем трехэтапную процедуру.

Этап 1. Тестирование стационарности. Для каждого ряда проведены расширенный тест Дики–Фуллера (ADF) и тест Филлипса–Перрона (PP). Переменные Y, X_1, X_2, X_3, X_6 оказались интегрированными порядка I(1), тогда как X_4 и X_5 — стационарными на уровне, I(0). Ни одна переменная не обнаружила интеграции порядка I(2), что подтверждает допустимость ARDL.

Этап 2. Оценка ARDL и bounds test. Спецификация модели:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \Sigma\beta_i \Delta Y_{t-i} + \Sigma\gamma_j \Delta X_{jt-k} + \delta_1 Y_{t-1} + \delta_2 X'_{t-1} + \varphi D_t + \varepsilon_t$$

где p — число лагов зависимой переменной, определенное по информационному критерию Шварца (BIC); X' — вектор объясняющих переменных в уровнях; D — вектор дамми-переменных. Нулевая гипотеза bounds test: $\delta_1 = \delta_2 = 0$ (отсутствие долгосрочного соотношения). Если F-статистика выходит за верхнюю критическую границу Narayan [11], нулевую гипотезу отбрасываем и переходим к оценке долгосрочного уравнения вместе с моделью коррекции ошибок (ECM).

Этап 3. GARCH(1,1) для ценовой волатильности. Условную дисперсию цен на ПЭ100 задаем уравнением:

$$\sigma^2_t = \omega + \alpha_1 \varepsilon^2_{t-1} + \beta_1 \sigma^2_{t-1}$$

Полученную σ^2_t вводим в ARDL-уравнение как дополнительный регрессор – через него проходит так называемый эффект неопределенности. Механика здесь понятна: при резких ценовых скачках закупщики и дистрибьюторы режут заявки, склад впрок формировать не рискуют, и этот канал давит на спрос отдельно от самого уровня цен.

Результаты моделирования

F-статистика bounds test составила 5,83 – это выше верхней критической границы 4,68 (уровень значимости 5 %, таблицы Narayan, 32 наблюдения, 7 регрессоров). Нулевую гипотезу об отсутствии коинтеграции отвергаем. Долгосрочные коэффициенты сведены в таблице 2.

Таблица 2
Долгосрочные коэффициенты ARDL-модели

Переменная	Коэффиц.	Ст. ош.	t-стат.	p-value
Ввод жилья (X_1)	4,27	1,12	3,81	0,001***
Строит. работы (X_2)	38,14	9,45	4,04	0,001***
Ипотека (X_3)	12,63	5,87	2,15	0,044**
Ставка ИЖК (X_4)	−8,91	3,04	−2,93	0,008***
Цена ПЭ100 (X_5)	−0,43	0,19	−2,26	0,035**
Инвестиции (X_6)	15,72	6,31	2,49	0,022**
Расходы ЖКХ (X_7)	0,31	0,14	2,21	0,039**
σ^2 (GARCH)	−0,018	0,007	−2,57	0,018**

Примечание: ***, ** — значимость на уровне 1 % и 5 % соответственно.

Наибольшим оказался коэффициент при объеме строительных работ – 38,14. Интерпретация прямолинейна: дополнительный триллион рублей реального строительства тянет за собой около 38 тыс. тонн спроса на полимерные трубы. Ввод жилья и ипотека дают самостоятельный вклад, хотя часть их воздействия идет транзитом через тот же строительный канал.

Минус при ставке ИЖК читается естественно: дорогие кредиты остужают рынок, и каждый дополнительный процентный пункт ставки обходится отрасли примерно в 8,9 тыс. тонн спроса. У цены ПЭ100 знак тоже отрицательный (−0,43): дорожает полиэтилен – часть заказчиков возвращается к стальным или чугунным аналогам.

Коэффициент при GARCH-дисперсии (−0,018) значим и отрицателен. По сути это означает, что скачкообразная сырьевая конъюнктура подавляет спрос: при непредсказуемых ценах дистрибьюторы и строительные подрядчики отказываются от закупок «впрок». Схожий вывод ранее сделали Федорова и Бузлов [20] – при анализе поведения экономических агентов в режиме ценовой неопределенности.

Модель коррекции ошибок показала ECT = −0,34, что свидетельствует о корректировке 34 % отклонения от долгосрочного равновесия за один квартал. Скорость адаптации представляется правдоподобной для отрасли с выраженной инерцией госзакупок и многомесячными логистическими циклами.

Диагностика модели не выявила автокорреляции (тест Бройша–Годфри, p = 0,31), гетероскедастичности остатков (тест Уайта, p = 0,18) и нестабильности параметров (CUSUM-тест). R^2 скорректированный составил 0,87, что для квартальных макроданных следует считать удовлетворительным.

Сценарный анализ

Для построения условных прогнозов на 2026–2028 гг. мы сформировали три сценария, различающихся траекториями ключевых экзогенных переменных (табл. 3). Логика конструирования опирается на методологию Schoemaker [15]: каждый сценарий отражает не «хорошее» или «плохое» будущее, а когерентную комбинацию допущений о макроэкономической политике и отраслевых параметрах.

Таблица 3
Параметры сценариев

Параметр	Базовый	Оптимистич.	Пессимистич.
Ключевая ставка, 2026	12–14 %	10–12 %	16–18 %
Ввод жилья, млн кв. м/год	105–110	115–120	90–95
Модернизация ЖКХ	по плану	+20 % к плану	−30 %
Газификация	умеренная	ускоренная	заморозка
Спрос, тыс. т (2028)	1 050–1 120	1 250–1 350	780–850

Базовый сценарий предполагает постепенное смягчение денежно-кредитной политики и исполнение государственных программ модернизации ЖКХ в запланированных объемах (52,8 тыс. км сетей до 2030 г. при общем финансировании 4,5 трлн руб. [6]). Спрос на полимерные трубы к 2028 г. восстанавливается до 1 050–1 120 тыс. тонн, не достигая, впрочем, рекорда 2023 г.

Оптимистический сценарий исходит из снижения ключевой ставки до 10–12 % и увеличения расходов на инфраструктуру. Ипотечный рынок оживает, ввод жилья приближается к 120 млн кв. м, спрос на трубную продукцию превышает 1 250 тыс. тонн. Вероятность невелика: она требует устойчивого снижения инфляции ниже 5 %.

Пессимистический сценарий моделирует сохранение ставки 16–18 % и секвестр инфраструктурных расходов. Ввод жилья падает до 90–95 млн кв. м, газификация приостанавливается, спрос опускается до 780–850 тыс. тонн — уровень 2020–2021 гг.

Разброс между крайними сценариями составляет около 500 тыс. тонн, что подчеркивает чувствительность рынка к макроэкономическим условиям. Для производителей, планирующих инвестиционные циклы длительностью 3–5 лет, эта неопределенность требует гибкой стратегии загрузки мощностей.

Обсуждение результатов

Наши результаты укладываются в международную практику. Jiang и Liu [7] в своих уравнениях также выводили на первый план объем строительных работ; диапазон ценовых эластичностей −0,2…−0,6, полученный Shiha и El-adaway [8], покрывает нашу оценку для ПЭ100 (−0,43).

У российского рынка есть два отличительных контура. Первый – бюджетный: государственные программы модернизации ЖКХ и газификации подставляют под спрос «пол». Износ водопроводных сетей дотянул до 63 %, канализационных – до 74 % [6]; откладывать замену бесконечно просто некуда. Второй контур – структурный: десять крупнейших производителей закрывают около 90 % выпуска [2], а одна только группа ПОЛИПЛАСТИК держит примерно треть рынка. Олигополия работает асимметрично: при удешевлении ПЭ100 отпускные цены ползут вниз медленно, при удорожании поднимаются быстро.

Главных ограничений два. Первое – короткая выборка (32 наблюдения), из-за которой мощность тестов не достигает желаемого уровня, а часть квартальных данных по потреблению приходится интерполировать. Второе – модель не схватывает технологические сдвиги: например, рост РЕХ на 17 % за 2025 г. остался вне контура анализа. Здесь и лежит задел для следующих работ.

Заключение

В работе удалось количественно расписать, что именно движет спросом на полимерные трубы в России. На долгом горизонте верх берут объем строительных работ и ввод жилья; в краткосрочной перспективе погоду делают ипотечная ставка и сырьевая конъюнктура. Отдельная переменная – GARCH-дисперсия – подтвердила вес фактора неопределенности: когда цена ПЭ100 ведет себя беспорядочно, спрос сжимается.

Из сценарного анализа следует вполне конкретный вывод. При базовых макродопущениях рынок к 2028 г. возвращается в коридор 1 050–1 120 тыс. тонн. Структурный фундамент под этим уровнем – программа модернизации ЖКХ на 4,5 трлн руб. и газификация; скорость и полнота реализации потенциала упирается, однако, в бюджетную дисциплину и в темпы снижения ключевой ставки.

Модель несложно пересчитывать по мере выхода новых квартальных сводок Росстата – в таком режиме она работает уже как инструмент оперативного мониторинга. Дальше логично двигаться в двух направлениях: дезагрегировать спрос по регионам и подключить MS-VAR, чтобы разметить фазы строительного цикла.

Литература

1. Рынок полимерных труб и фитингов в России: итоги 2023 года и прогноз / Aquaflame Expo. – Москва, 2024. – URL: https://aquaflame-expo.ru (дата обращения: 10.04.2026).
2. Гориловский, М. Рынок полимерных труб в России почти удвоился, заявил эксперт / М. Гориловский // РИА Новости. – 2024. – 5 сентября. – URL: https://ria.ru/20240905/truby-1970690016.html (дата обращения: 10.04.2026).
3. Российский рынок полимерных труб, активно растущий в последние годы, вошел в стадию сокращения // Маркет Репорт (MRC). – 2025. – 8 сентября. – URL: https://www.mrc.ru/news/419153-rossiyskiy-rinok-polimernih-trub-aktivno-rastuschiy-v-poslednie-godi-voshel-v-stadiu-sokrascheniya (дата обращения: 10.04.2026).
4. Строительство в России. 2024 : статистический сборник / Росстат. – Москва, 2025. – URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 10.04.2026).
5. Ермолина, Л. В. Промышленность строительных материалов в условиях новой экономической реальности / Л. В. Ермолина, Н. Н. Пронина, Д. А. Мельникова // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 2(21). – С. 38-44. – DOI 10.51608/26867818_2023_2_38. – EDN FZDZZY.
6. На модернизацию коммунальной инфраструктуры выделят 4,5 триллиона рублей / Корпорация МСП. – 2025. – URL: https://corpmsp.ru (дата обращения: 10.04.2026).
7. Jiang, H. A panel vector error correction approach to forecasting demand in regional construction markets / H. Jiang, C. Liu // Construction Management and Economics. – 2014. – Vol. 32, No. 12. – P. 1205-1221. – DOI 10.1080/01446193.2014.977800.
8. Shiha, A. Forecasting construction material prices using macroeconomic indicators of trading partners / A. Shiha, I. H. El-adaway // Journal of Management in Engineering. – 2024. – Vol. 40, No. 5.
9. Zhang, L. A systematic literature review on price forecasting models in construction industry / L. Zhang [et al.] // International Journal of Construction Management. – 2023. – Vol. 24, No. 8.
10. Pesaran, M. H. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships / M. H. Pesaran, Y. Shin, R. J. Smith // Journal of Applied Econometrics. – 2001. – Vol. 16, No. 3. – P. 289-326. – DOI 10.1002/jae.616. – EDN FNJCBH.
11. Narayan, P. K. The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests / P. K. Narayan // Applied Economics. – 2005. – Vol. 37, No. 17. – P. 1979-1990. – DOI 10.1080/00036840500278103.
12. Kripfganz, S. ardl: Estimating autoregressive distributed lag and equilibrium correction models / S. Kripfganz, D. C. Schneider // The Stata Journal. – 2023. – Vol. 23, No. 4. – P. 983-1019. – DOI 10.1177/1536867X231212434. – EDN ECDZIH.
13. Engle, R. F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation / R. F. Engle // Econometrica. – 1982. – Vol. 50, No. 4. – P. 987-1007. – DOI 10.2307/1912773.
14. Bollerslev, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity / T. Bollerslev // Journal of Econometrics. – 1986. – Vol. 31, No. 3. – P. 307-327. – DOI 10.1016/0304-4076(86)90063-1.
15. Schoemaker, P. J. H. Scenario planning: a tool for strategic thinking / P. J. H. Schoemaker // Sloan Management Review. – 1995. – Vol. 36, No. 2. – P. 25-40.
16. Waggoner, D. F. Conditional Forecasts in Dynamic Multivariate Models / D. F. Waggoner, T. Zha // Review of Economics & Statistics. – 1999. – Vol. 81, No. 4. – P. 639-651. – DOI 10.1162/003465399558508. – EDN DEBOMF.
17. Antolín-Díaz, J. Structural scenario analysis with SVARs / J. Antolín-Díaz, I. Petrella, J. F. Rubio-Ramírez // Journal of Monetary Economics. – 2021. – Vol. 117. – P. 798-815. – DOI 10.1016/j.jmoneco.2020.06.001. – EDN UZYTQP.
18. Широв, А. А. Разработка сценарных условий как ключевой этап подготовки экономического прогноза / А. А. Широв, М. С. Гусев // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 1(124). – С. 17-29. – EDN NUDBMF.
19. Дебердиева, Е. М. Сценарный подход как основа прогнозирования отраслевого развития (на примере нефтяного машиностроения) / Е. М. Дебердиева, С. В. Фролова // Вестник Академии знаний. – 2019. – № 34(5). – С. 59-64. – EDN HOHCWI.
20. Федорова, Е. А. Прогнозирование фондового рынка Российской Федерации с помощью GARCH-моделирования / Е. А. Федорова, Д. А. Бузлов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2013. – № 16(154). – С. 2-10. – EDN PYYDSP.

Econometric modelling of demand for polymer pipes in Russia under construction market volatility: a scenario-based approach

Hakki Adnan Muhammad Ali, **Sidorkin A.A.**
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: C01, C02, C1, C4, C5, C6, C8

The article develops an econometric model of demand for polymer pipes in the Russian Federation, accounting for construction market instability. Domestic polymer pipe production grew from 310 thousand tonnes in 2017 to a record 1,167 thousand tonnes in 2023, followed by a downturn amid tighter monetary policy. The authors justify the ARDL bounds test methodology, suitable for short time series and variables of mixed integration order. A GARCH specification of conditional variance captures polymer feedstock price volatility. Three macroeconomic scenarios for the industry through 2028 are examined: baseline, optimistic, and pessimistic. Forecasts indicate that long-term government utility modernisation programmes sustain demand fundamentals, while short-run dynamics depend on the Central Bank key rate and mortgage conditions. The results are addressed to polymer pipe manufacturers, industry analysts, and public administration bodies.

Keywords: polymer pipes, econometric modelling, demand, construction market, volatility, ARDL, GARCH, scenario approach, utility modernisation, gasification.

References

1. The market of polymer pipes and fittings in Russia: results of 2023 and forecast / Aquaflame Expo. – Moscow, 2024. – URL: https://aquaflame-expo.ru (date of access: 04/10/2026).
2. Gorilovsky, M. The market of polymer pipes in Russia has almost doubled, according to an expert / M. Gorilovsky // RIA Novosti. – 2024. – September 5. – URL: https://ria.ru/20240905/truby-1970690016.html (accessed on 04/10/2026).
3. The Russian market of polymer pipes, which has been actively growing in recent years, has entered a phase of decline // Market Report (MRC). – 2025. – September 8. – URL: https://www.mrc.ru/news/419153-rossiyskiy-rinok-polimernih-trub-aktivno-rastuschiy-v-poslednie-godi-voshel-v-stadiu-sokrashcheniya (accessed on 04/10/2026).
4. Construction in Russia. 2024: Statistical Collection / Rosstat. – Moscow, 2025. – URL: https://rosstat.gov.ru (accessed: 04/10/2026).
5. Ermolina, L. V. The Construction Materials Industry in the New Economic Reality / L. V. Ermolina, N. N. Pronina, and D. A. Melnikova // Expert: Theory and Practice. – 2023. – No. 2(21). – Pp. 38-44. – DOI 10.51608/26867818_2023_2_38. – EDN FZDZZY.

6. 4.5 trillion rubles will be allocated for the modernization of municipal infrastructure / SME Corporation. – 2025. – URL: https://corpmsp.ru (accessed: 04/10/2026).
7. Jiang, H. A panel vector error correction approach to forecasting demand in regional construction markets / H. Jiang, C. Liu // Construction Management and Economics. – 2014. – Vol. 32, No. 12. – P. 1205-1221. – DOI 10.1080/01446193.2014.977800.
8. Shikha, A. Forecasting Construction Materials Prices Using Macroeconomic Indicators of Trading Partners / A. Shikha, I. H. El-Adaway // Journal of Management in Mechanical Engineering. - 2024. - Vol. 40, No. 5.
9. Zhang, L. A Systematic Literature Review on Price Forecasting Models in the Construction Industry / L. Zhang [et al.] // International Journal of Construction Management. - 2023. - Vol. 24, No. 8.
10. Pesaran, M. H. Bounds Testing Approaches to Level-Level Relationship Analysis / M. H. Pesaran, Yu. Shin, R. J. Smith // Journal of Applied Econometrics. - 2001. - Vol. 16, No. 3. - P. 289-326. – DOI 10.1002/jae.616. – ed. FNJCBH.
11. Narayan, P. K. The Relationship between Savings and Investment in China: Evidence from Cointegration Tests / P. K. Narayan // Applied Economics. – 2005. – Vol. 37, No. 17.
12. Kripfganz, S. Ardle: Estimating Autoregressive Models with Distributed Lag and Equilibrium Correction / S. Kripfganz, D. S. Schneider // Stata Journal. – 2023. – Vol. 23, No. 4. – pp. 983-1019. – DOI 10.1177/1536867X231212434. – ECDZIH PUBLISHING.
13. Engle, R. F. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of Inflation in the United Kingdom / R. F. Engle // Econometrica. - 1982. - Vol. 50, No. 4. - Pp. 987-1007. - DOI 10.2307/1912773.
14. Bollerslev, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity / T. Bollerslev // Journal of Econometrics. - 1986. - Vol. 31, No. 3. - Pp. 307-327. - DOI 10.1016/0304-4076(86)90063-1.
15. Shoemaker, P. J. H. Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking / P. J. H. Shoemaker // Sloan Management Review. - 1995. - Vol. 36, No. 2. - Pp. 25-40.
16. Waggoner, D. F. Conditional Forecasts in Dynamic Multivariate Models / D. F. Waggoner, T. Zha // Review of Economics and Statistics. - 1999. - Vol. 81, No. 4. - Pp. 639-651. - DOI 10.1162/003465399558508. - ED. V. V. LOMONOSOV.
17. Antolin-Diaz, J. Structural Scenario Analysis with SVARs / J. Antolin-Diaz, I. Petrella, J. F. Rubio-Ramirez // Journal of Monetary Economics. - 2021. - Vol. 117. - Pp. 798-815. - DOI 10.1016/j.jmoneco.2020.06.001. - ED. UZYTQP.
18. Shirov, A. A. Developing Scenario Conditions as a Key Stage in Preparing an Economic Forecast / A. A. Shirov, M. S. Gusev // Problems of Forecasting. - 2011. - No. 1 (124). - Pp. 17-29. - PUBLISHING NUDBMF. 19. Deberdieva, E. M. Scenario approach as a basis for forecasting industry development (on the example of oil engineering) / E. M. Deberdieva, S. V. Frolova // Bulletin of the Academy of Knowledge. - 2019. - No. 34 (5). - Pp. 59-64. - EDN KHOKHVI.
20. Fedorova, E. A. Forecasting the Stock Market of the Russian Federation Using GARCH Modeling / E. A. Fedorova, D. A. Buzlov // Financial Analytics: Problems and Solutions. - 2013. - No. 16 (154). - Pp. 2-10. - EDN PYYDSP.

Деятельность реставраторов по ревитализации архитектурных памятников Казани

Яо Любовь Маркеловна
доктор социологических наук, профессор, профессор кафедры «Дизайн и национальные искусства», **Казанский федеральный университет,** LMYao@kpfu.ru,

Еманова Юлиана Геннадьевна
кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры «Коммуникативный дизайн», **Казанский федеральный университет**, emanova-yao@mail.ru,

Яо Михаил Константинович
кандидат социологических наук, профессор, профессор кафедры «Дизайн и национальные искусства», **Казанский федеральный университет,** Mihail.Yao@kpfu.ru,

Антонов Игнатий Геннадьевич
аспирант, инженерная академия, кафедра «Архитектура и реставрация», **Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,** i.a.g96@bk.ru

В статье рассматривается деятельность казанских реставраторов по восстановлению архитектурных памятников в исторической части Казани во второй половине XX-начале XXI века. За это время были целиком, или частично утрачены многие исторические здания из-за незначительного финансирования работы реставраторов в советский период, что привело к разрушению зданий, их переводу в ветхий фонд, а затем в конце XX века и сносу. После 2010 года в Казани наблюдается взрывной рост реставраторской деятельности, в рамках государственно-частного партнерства было подписано соглашение по восстановлению наиболее значимых памятников архитектуры и их ревитализации.
Ключевые слова: ревитализация, реставрация, архитектурные памятники, исторический центр, государственно-частное партнерство.

Введение

Город как исторически сложившаяся территориальная форма жизнедеятельности общества имеет несколько осей развития. В первую очередь – ось промышленного развития, возникшая в результате разделения труда на сельскохозяйственный и ремесленный. Научный, технический и технологический прогресс привел к почти полной независимости городского образа жизни от природной основы, появился особый – рукотворный – городской ландшафт, основу которого составляет архитектура. Но и городская архитектура не может существовать отдельно природного, художественного и исторического, контекста. Городская среда подвижна, поэтому историческое место и его образ недолговечен, уязвим. Люди акцентируют внимание на каких-либо конкретных объектах, которые имеют коммерческую либо туристическую привлекательность. Но отдельный памятник культуры, даже если он отреставрирован, не может «удерживать» зрителя, так как его среда сложнее [1]. Казань является старейшим городом в России, свое тысячелетие город отметил в 2005 г. В исторических сводках указано что город построили в средние века с целью охраны западных и северных границ Волжской Булгарии (государство, существовавшее в X - XIV в.). Город – это реальность, которая существует самостоятельно, а также и наше отношение к этой реальности. Мы принимаем любое архитектурное решение, которое может быть связано с нашими лучшими днями и воспоминаниями, и одновременно видим, как исчезают на наших глазах парки, старые дома и улицы. Эту трансформацию проходят абсолютно все исторические города нашей страны, не избежала такой трансформации и Казань. Чтобы сохранить архитектурные памятники дореволюционной Казани, было издано специальное Постановление Кабинета Министров РТ, в котором исторический центр Казани объявлен особой зоной [2]. В 90-е гг. XX в., в период перехода к новому рыночному укладу купеческие и дворянские особняки, памятники архитектуры, а также исторические здания сносили как ветхое жилье. В связи с этим изучение архитектурных изменений, внесенных в исторический центр Казани в течение последнего десятилетия, становится наиболее актуальным. Без прошлого нет и будущего, так как бережное отношение к культурному наследию формирует патриотизм и любовь к местам, которые стали родными. Цель данной статьи – показать, как деятельность реставраторов возвратила в культурный ландшафт Казани наиболее значимые архитектурные памятники. Проблема ревитализации старинных зданий наиболее остро стоит в исторических центрах, где в домах отсутствовали водоснабжение, канализация, поэтому было проще отнести их к ветхому фонду и снести, переселив жителей на окраины в новые жилищные комплексы, чем тратить огромные средства для их реставрации.

Методы

Главным методом исследования стал метод включенного наблюдения за изменениями, которые были внесены в архитектурный ландшафт исторического центра Казани за последние 50 лет. Кроме того, были использованы исторический и сравнительный методы, проанализирован визуальный контекст – фотографии дореволюционной Казани, состояние архитектурных сооружений в 50-70-е годы XX в., разрушение и исчезновение целого пласта исторических построек в 90-е годы XX века. Мы опирались на теорию социолога Л. Вирта, считавшего, что город – это не феномен, появившийся внезапно, а «продукт роста», сохраняющий жизнедеятельность для его населения. При этом население является оплотом для разных социальных институтов, организаций и учреждений, которые считаются источником не только регулирования жизнедеятельности внутри города, но и удовлетворяют досуговые и культурные потребности [3, с.259]. К проблеме ревитализации старинных зданий в городах обращались разные исследователи: Вавилонская Т.В. Приспособление объекта культурного наследия регионального значения «Гостиница» Центральная». Модерн» для современного использования [4]; Карасев Ф.В. Регенерация объектов ландшафтной архитектуры в структуре домовладений городских усадеб XIX – начала XX века [5]; Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов [6]; Москвина Н.К. Современные концепции реставрации в культурологическом дискурсе [7]. Среди иностранных ученых можно отметить Askarov Sh.Dzh. Issues of protection and reconstruction of historical cities [8] / Sh.Dzh. Askarov // Architecture and construction of the Republic of Uzbekistan. – 2000. – No. 4. – P. 111–132. M.K. Yuldasheva, I.A. Safarova (Uzbekistan) Problems of

national traditions preserving in historical architectural monuments of Samarkand city [9].

Результаты

На сегодняшний день бытуют разные мнения по поводу истории города. Современная Казань как организм и как сообщество эклектична: не спокойна как среда обитания для животных, агрессивна как стиль жизни, и разнообразна в художественном стиле. Структура города – многоликая и рваная. Круг проблем исторического центра города касается, в первую очередь, сочетания нового с историей – с ее материальным наследием, образами, смыслами, идеями. Город постоянно растет, изменяется в соответствии с промышленными и техническими достижениями.

Образование Казани было результатом освоения западных и северных территорий с целью закрепления на экономически выгодной территории. Изначально это была пограничная крепость. В 1438 году булгарская крепость Казань (Иске-Казань) была захвачена свергнутым золотоордынским ханом Улуг-Мухамеддом, который перенёс крепость на современное место (по русским летописям). Город стал столицей Казанского ханства. В 1552 году Иван Грозный смог захватить Казань, город и все ханство были присоединены к Русскому царству. С этого времени начался быстрый рост этого края. В Казани строились: Спасская башня, каменные стены с северной и южной стороны Кремля, а в 1556 г. был возведен белокаменный Благовещенский собор (Рис.1,2):

Рис.1. Спасская башня в конце XIX века. Фото: https://russo-travel.ru/landmark/kazan/spasskaya-bashnya.

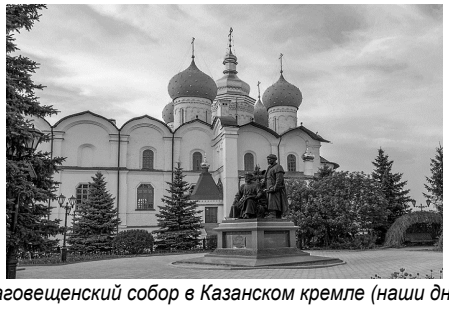


Рис.2. Благовещенский собор в Казанском кремле (наши дни). Фото: https://rustem-akhunov.livejournal.com/19583.html.

Эти памятники на целые 3 века определили культурный облик города Казань. Также в городе строились соборы и дома в стиле западной и русской архитектуры. Т. Шевченко написал в дневнике: «Как издали, так и вблизи Казань чрезвычайно живо напоминает собою уголок Москвы, на каждом шагу видишь влияние белокаменной…» [10, с.38]. В 2000 г. Казанский Кремль был признан культурным наследием России и объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО. Кроме того, в 1804 г. был открыт Казанский Императорский университет, построенный в стиле классицизма, который оказал большое влияние на формирование архитектурного облика дореволюционной Казани (Рис.3):

Рис.3. Главный корпус Казанского университета (наши дни). Фото: https://media.kpfu.ru/sites/default/files/2018-10/_DSC8301.jpg.

С этого момента город стал развиваться как образовательный и научный центр. Казань и его весь архитектурный облик стали меняться под воздействием целого комплекса университетских зданий: обсерватории, библиотеки, анатомического театра, научной лаборатории, которые были воздвигнуты по проектам архитектора М.П. Коринфского. Кроме того, этот стиль использовался и при строительстве домов вплоть до середины XIX в. Приведем примеры зданий в стиле классицизма, построенные в Казани: Мариинская гимназия, Родионовский институт благородных девиц (Суворовское училище), Архитектор М.П. Коринфский руководил строительством. Также по проекту петербургского архитектора Н.Е. Ефимова было построено Дворянское собрание (1845-1853 гг.), внешний вид которого напоминает Губернаторский дворец в Казанском Кремле (Рис.4,5):

Рис.4. Дворянское собрание в Казани. Фото: https://history-kazan.ru.

Рис.5. Бывшее Дворянское собрание (н. XX века). Фото: https://rustem-akhunov.livejournal.com/19583.html.

В XIX в. на смену классицизму пришли неоклассицизм, модерн и эклектика, которые царствовали в Европе. К примеру, в XX в., по проекту архитектора Ф.Ю. Амлонга были построены следующие здания: в 1902 г. – особняк для дочери купца первой гильдии И.И. Апакова, а в 1906 г. – особняк для командующего Казанским военным округом генерала А.Г. Сандецкого (Рис.6,7):

Рис.6. Особняк А.Г. Сандецкого (наши дни). Фото: https://avatars.mds.yandex.net/i?id=7560a90c78b037b30e87fe572ae133c8-5572268-images-thumbs&n=13.

Рис.7. «Дом Шамиля» - дочери купца И.И.Апакова (наши дни). Фото: https://putidorogi-nn.ru/evropa/1109-dom-shamilya-v-kazani.

Однако, после революции 1917 года эти здания постепенно приходили в упадок: в особняке А.Г.Сандецкого разместили туберкулезный диспансер, он находился там с 1924 по 1964 год, 40 лет. Все внутреннее убранство было уничтожено из-за боязни распространения инфекции, три года шла реставрация красивого здания и в 1967 году в нем открыли Музей изобразительных искусств РТ. Дворянское собрание – центр культурной и светской жизни аристократии XIX века – после революции

было Домом крестьянина, Домом красноармейца, Домом Советской Армии, Домом офицеров, сейчас в нем размещается Казанская Ратуша. В «Доме Шамиля», похожем на мавританский замок, после революции были коммунальные квартиры, только в 1996 году после значительной реставрации там открыли Литературный музей татарского писателя Г.Тукая, но от былого великолепия богатой купеческой семьи ничего не осталось. Такая же участь – превращение в коммунальное жилье – ожидала великолепный особняк наследника химической империи казанских промышленников Алексея Ушкова, архитектором которого был К.Л. Мюфке, окончивший Императорскую Академию художеств в Санкт-Петербурге с малой и большой серебряными медалями, в числе шести лучших выпускников он был отправлен стажироваться за границу за счет Академии (Рис.8):

Рис.8. Особняк – свадебный подарок Алексея Ушкова Зинаиде Высоцкой, дочери профессора Казанского университета Николая Фёдоровича Высоцкого. Фото: https:// dzen.ru/a/YyN9QcT2o2K3JeLU.

При Ушковых на первом этаже располагались книжный магазин Маркелова—Шаронова, кафе «Бристоль», чайная лавка, музыкальный магазин Генкина [11]. После революции особняк отдали под коммунальные квартиры, и только приезд в Казань 10 июля 1919 года Надежды Константиновны Крупской [12] спас этот уникальный по убранству особняк, памятник архитектуры федерального значения, от разорения. Н.К. Крупская порекомендовала открыть в особняке Губернскую библиотеку, впоследствии – Национальную библиотеку РТ. Самый красивый зал – грот с настоящей зеленью и действующим фонтаном – отдали студентам (Рис.9):

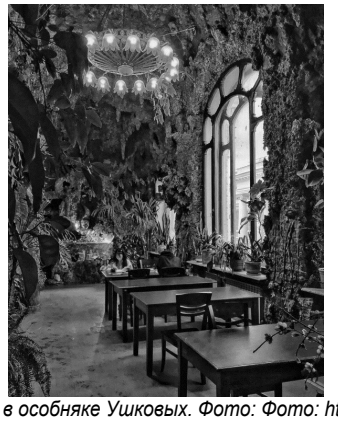


Рис.9. Зал-грот в особняке Ушковых. Фото: Фото: https:// dzen.ru/a/YyN9QcT2o2K3JeLU.

После революции, когда церковь отделилась от государства, были уничтожены и закрыты многие православные и мусульманские святыни. В частности, в католическом костеле Святой Екатерины студенты проводили занятия в аэродинамической трубе, был разрушен храм Казанской божьей матери, в лютеранской церкви был спортивный зал «Динамо», в Варваринской церкви для студентов химико-технологического университета устроили мастерские, а в Благовещенском соборе – архив МВД. Сейчас все эти здания отреставрированы и отданы в распоряжение церковных властей.

Обсуждение

Ревитализация объектов культурного наследия требует значительных финансовых затрат, а главное – здания должны служить людям в том качестве, в каком они задумывались архитекторами. Важно помнить, что город состоит из многоликих и разновременных зданий, рукотворного пространства, а также из разных событий и людей. Поэтому самую большую ценность приобретает такая среда, в которой возможна реализация личной истории каждого человека [1]. Примерно также предлагает создавать потенциальные пространственные каркасы чтобы обеспечить целостность архитектурной среды исторического поселения доктор, академик РААСН А.Л. Гельфонд: пространственный каркас (ППК) формируется как интегральный на основе экологического, природного, культурного, исторического, делового и общественного пространства. Зависимо от заданной «доминанты», он может быть туристическим, паломническим, музейно-выставочным [13]. В Казани замечательные архитектурные памятники возрождают почти из небытия. Вот как выглядели многие дореволюционные постройки к концу XX века (Рис.10,11,12) (фото из открытых источников):

Рис. 10. Дом №10 по улице Большая Красная городского главы Платона Суханова в 1950-е годы. Фото сделано автором.

Рис. 10. Дом №10 по улице Большая Красная в 2004 году. Фото сделано автором.

Рис. 10. Дом №10 по улице Большая Красная в 2017 году после реставрации, Музей Казанской иконы. Фото сделано автором.

В Казани в 1995 году была объявлена региональная программа «ветхое жилье» [14] – на окраинах города стали строить новые многоквартирные 9-этажные дома, куда переселяли жителей из исторического центра. В это время были сожжены, разрушены, стерты с карты города десятки каменных и деревянных домов. Только на бывшей улице Свердлова (ул. Петербургская) были уничтожены 50 архитектурных памятников. Перед празднованием 1000-летия в 2005 г. старые дома в городе сносили целыми улицами. За 10 лет исчезла старинная двухэтажная Казань, на месте снесенных домов стали строить общественные здания и жилые дома. Позднее, в соответствие с приказом Министерства культуры РТ от 13.03.2017 г. № 218-од в Перечень исторически ценных градоформирующих объектов, составляющих предмет охраны исторического поселения город Казань, включили 427 наименований [15].

Сохранение культурного наследия в старинных городах требует особенных механизмов и приемов по сохранению архитектурных ценностей прошлых эпох. С этой целью был разработан механизм государственно (муниципально)-частного партнерства [16]. Развитие муниципально-частного партнерства для города Казани в преддверии проведения XXVII Всемирной летней универсиады 2013 года было особенно актуально. Подготовка города к проведению такого крупномасштабного события мирового значения требовала больших финансовых вложений в экономику города, а муниципально-частное партнерство способствует привлечению частного капитала на выгодных условиях. Муниципально-частное партнерство нужно рассматривать в широком и узком смысле. В узком смысле муниципально-частное партнерство – это механизм долгосрочного выгодного взаимодействия предпринимательских структур и

муниципальной власти, который заключается в инвестировании финансов в объекты муниципальной собственности. В широком смысле — это институт долгосрочной легальной кооперации инвестиционных, организационных, интеллектуальных, управленческих ресурсов частного предпринимательства и органов муниципальной власти для общего решения социальных задач.

Выводы

Историческая часть Казани – это 552 памятника, из которых 370 – республиканского, 119 – федерального и 63 – местного значения. В Казани исторический центр утратил множество архитектурных памятников дореволюционного периода, однако власти остановили уничтожение «ветхого жилья» и нашли возможность через механизм муниципально-частного партнерства вдохнуть «вторую жизнь» в старинные особняки. Социально-значимой задачей в сфере реставрации является приспособление исторических зданий под современные нужды, их ревитализация. В настоящее время привлечение частного капитала и инвестирование в проекты реставрации памятников архитектуры находится в фарватере политики государства по возрождению культурных ценностей и преемственности исторического облика России.

Литература

1. И. А. Бондаренко, Т. И. Возвышаева, Н. В. Грязнова, М. В. Дуцев, И. В. Кукина, С. С. Левошко, Г. А. Птичникова, А. Е. Ухналев, Д. И. Михейкин. «Реновация городской среды: исторические прецеденты». Москва, Санкт-Петербург: **«Архи.ру»**, **«Коло»**, 2021. – 333 с. ISBN: 978-5-4462-0140-2.
2. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан «Об утверждении перечня исторических поселений регионального (республиканского) значения Республики Татарстан» № 188 от 26.03.2015 г.// [Электронный ресурс] – URL: https://pravo.tatarstan.ru/npa_kabmin/post?npa_id=2315 (дата обращения: 13.11.2025)
3. Смелзер Н. «Социология». «Феникс». Москва., 1994. – 687 с. **ISBN**: 5-7113-0106-3
4. Вавилонская Т.В., Ф.В. Карасев «Приспособление объекта культурного наследия регионального значения «Гостиница «Центральная». Модерн» для современного использования». «Градостроительство и архитектура». 2024. Т.14. №1(54). С. 106-114. SSN: 2542-0151 (печать), 2782-2109. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.12.
5. Ф.В. Карасев, Л.И. Иванова «Регенерация объектов ландшафтной архитектуры в структуре домовладений городских усадеб XIX – начала XX века». «Градостроительство и архитектура». 2018. Т.8. №3(32). С. 78-84. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.16.
6. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов. – М.:Изд-во АСВ, Москва. 2002. С – 207. ISBN: 5-93093-123-2.
7. Москвина Н.К. «Современные концепции реставрации в культурологическом дискурсе». «Культура и цивилизация». 2016.Том 6. №5 А. С – 317-324. **ISSN**: 2223-5426.
8. Аскаров Ш. Д. «Вопросы охраны и реконструкции исторических городов». «Архитектура и строительство» Республики Узбекистан. — 2000. — №4. — С. 111–132.
9. Юлдашева М. К. «Проблемы сохранения национальных традиций в исторических архитектурных памятниках города Самарканда» «Сохранение художественно-исторической среды современного города как духовного фактора культуры». Казань, 2021. С 90–98.
10. В. В. Кузьмина, Ю. И. Смыкова, А. Х. Халикова: «Казань (путеводитель)». «Татарское книжное издательство». Казань, 1977. С– 224. **ББК**: Я23(2Р-2Казань). **УДК**: 91(470.41-25) (026) +796.5(470.41-25).
11. Канал **«Прогулки по Подмосковью»**. Дом Ушковых в Казани: «лавстори» в стиле эклектика. – [Электронный ресурс] – URL: https://dzen.ru/a/YyN9QcT2o2K3JeLU (дата обращения: 10.11.2025).
12. Надежда Крупская: она спасла для Казани дом Ушковых. – [Электронный ресурс] – URL: https://business-gazeta.ru/article/379477 (дата обращения: 15.11.2025).
13. Гельфонд А.Л. «Концепция потенциальных пространственных каркасов исторических поселений». «Academia. Архитектура и строительство». 2019. №1. С – 26–34. DOI: 10.22337/2077–9038–2019–1-26–34. [Электронный ресурс] – URL: cyberleninka.ru/article/ (дата обращения: 17.11.2025)
14. Программа ликвидации ветхого жилья в Республике Татарстан. – [Электронный ресурс]. – URL: https://tatarica.org/ru (дата обращения: 10.11.2025)
15. Приказ Минкультуры РТ от 13.03.2017 № 218 од «Об утверждении границ территории, предмета охраны и требований к градостроительным регламентам в границах территории исторического поселения регионального значения г. Казань [Электронный ресурс]. URL:https://mincult.tatarstan.ru/nezavisimaya-antikoruptsionnaya-ekspertiza.htm?corrupt_id=441470. (дата обращения: 10.11.2025)
16. Л. М. Яо, Э. Г. Ахметшина. «Муниципально-частное партнерство как механизм сохранения архитектурного наследия города». «Сохранение художественно-исторической среды современного города как духовного фактора культуры» сборник материалов научно-практической конференции. – [Электронный ресурс] – URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/159853 (дата обращения: 13.11.2025)

Restoration work on the revitalization of architectural monuments in Kazan

Yao L.M., Emanova Yu.G., Yao M.K., Antonov I.G.
Kazan Federal University

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the activities of the Kazan School of Restorers in the restoration of architectural monuments in the historical part of Kazan in the second half of the 20th century and the early 21st century. During this period, many historical buildings were completely or partially lost due to insufficient funding for restoration work during the Soviet era, which led to the destruction of buildings, their classification as dilapidated, and eventually their demolition in the late 20th century. Since 2010, there has been an explosive growth in restoration activities in Kazan, and a private-public partnership agreement has been signed to restore and revitalize the most significant architectural monuments.

Keywords: revitalization, restoration, architectural monuments, historical center, public-private partnership.

References

1. I. A. Bondarenko, T. I. Vozvyshaeva, N. V. Gryaznova, M. V. Dutsev, I. V. Kukina, S. S. Levoshko, G. A. Ptichnikova, A. E. Ukhnalev, D. I. Mikheikin. "Renovation of the Urban Environment: Historical Precedents." Moscow, St. Petersburg: "Arch.ru", "Kolo", 2021. - 333 p. ISBN: 978-5-4462-0140-2.
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan "On Approval of the List of Historical Settlements of Regional (Republican) Significance in the Republic of Tatarstan" No. 188 of March 26, 2015 // [Electronic resource] - URL: https://pravo.tatarstan.ru/npa_kabmin/post?npa_id=2315 (accessed: November 13, 2025)
3. Smelser N. "Sociology". "Phoenix". Moscow., 1994. - 687 p. ISBN: 5-7113-0106-3
4. Vavilonskaya T.V., F.V. Karasev "Adaptation of the Cultural Heritage Site of Regional Significance "Hotel Centralnaya. Modern" for Modern Use". "Urban Planning and Architecture". 2024. Vol. 14. No. 1 (54). P. 106-114. SSN: 2542-0151 (print), 2782-2109. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.12.
5. F.V. Karasev, L.I. Ivanova. "Regeneration of landscape architecture objects in the structure of urban estates of the 19th - early 20th centuries." "Urban planning and architecture". 2018. Vol. 8. No. 3 (32). P. 78-84. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.16.
6. Kasyanov V.F. Reconstruction of urban residential development. - M.: ACB Publishing House, Moscow. 2002. P - 207. ISBN: 5-93093-123-2.
7. Moskvina N.K. "Modern Concepts of Restoration in Cultural Discourse". "Culture and Civilization". 2016. Vol. 6. No. 5 A. P – 317-324. ISSN: 2223-5426.
8. Askarov Sh.D. "Issues of Protection and Reconstruction of Historical Cities". "Architecture and Construction" of the Republic of Uzbekistan. - 2000. - No. 4. - P. 111-132.
9. Yuldasheva M.K. "Problems of Preserving National Traditions in Historical Architectural Monuments of the City of Samarkand" "Preservation of the Artistic and Historical Environment of a Modern City as a Spiritual Factor of Culture". Kazan, 2021. P. 90-98.
10. V. V. Kuzmina, Yu. I. Smykova, A. Kh. Khalikova: "Kazan (guide)". "Tatar Book Publishing House". Kazan, 1977. P-224. BBK: Ya23(2P-2Kazan). UDC: 91(470.41-25) (026) +796.5(470.41-25).
11. Channel "Walks around the Moscow Region". The Ushkov House in Kazan: a "love story" in the eclectic style. – [Electronic resource] – URL: https://dzen.ru/a/YyN9QcT2o2K3JeLU (date of access: 10.11.2025).
12. Nadezhda Krupskaya: she saved the Ushkov House for Kazan. – [Electronic resource] – URL: https://business-gazeta.ru/article/379477 (date of access: 15.11.2025).
13. Gelfond A.L. "The Concept of Potential Spatial Frameworks of Historical Settlements". "Academia. Architecture and Construction". 2019. No. 1. P – 26–34. DOI: 10.22337/2077–9038–2019–1-26–34. [Electronic resource] – URL: cyberleninka.ru/article/ (date of access: 17.11.2025)
14. The Program for the Elimination of Dilapidated Housing in the Republic of Tatarstan. – [Electronic resource]. – URL: https://tatarica.org/ru (date of access: 10.11.2025)
15. Order of the Ministry of Culture of the Republic of Tatarstan dated 13.03.2017 No. 218 od "On approval of the boundaries of the territory, the subject of protection and requirements for urban planning regulations within the boundaries of the territory of the historical settlement of regional significance of the city of Kazan [Electronic resource]. URL: https://mincult.tatarstan.ru/nezavisimaya-antikoruptsionnaya-ekspertiza.htm?corrupt_id=441470. (date of access: 10.11.2025)
16. L. M. Yao, E. G. Akhmetshina. "Municipal-private partnership as a mechanism for preserving the architectural heritage of the city." "Preservation of the artistic and historical environment of the modern city as a spiritual factor of culture." Collection of materials from the scientific and practical conference. – [Electronic resource] – URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/159853 (date of access: 11/13/2025)

Региональные особенности современной архитектуры зданий и сооружений палестины

Абдраббо Ахмед Осама Мохаммед
аспирант, кафедра архитектуры и реставрации, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 1042255038@rudn.ru

В статье рассматриваются особенности современной архитектуры Палестины, сформированные под влиянием природных, культурных, социально-экономических и политических факторов. Отмечается, что архитектура развивается в условиях ограниченных ресурсов, высокой плотности населения и нестабильной инфраструктуры. Исследование показывает, что палестинская архитектура сочетает локальные материалы, пассивные климатические решения, многофункциональность зданий, поэтапное строительство и использование возобновляемой энергии. Сделан вывод, что региональная специфика формирует самостоятельную и адаптивную архитектурную модель.
Ключевые слова: Палестина, современная архитектура, здания и сооружения, региональные особенности, архитектурно-планировочные решения, устойчивое развитие, плотная застройка, реконструкция, пассивная архитектура, солнечная энергия.

Введение

Современная архитектура зданий и сооружений формируется под влиянием природно-климатических, историко-культурных, социально-экономических и градостроительных факторов. В Палестине их влияние проявляется особенно остро из-за ограниченности территории, высокой плотности населения, нехватки ресурсов и необходимости восстановления городской среды. Поэтому палестинская архитектура развивается не только как стилистическое направление, но и как адаптивная система, ориентированная на эффективное использование пространства, сохранение культурной идентичности и обеспечение комфортных условий при нестабильной инфраструктуре.

Историческая архитектура Палестины сочетает византийские, исламские, османские и местные традиции. Традиционный палестинский дом с внутренним двором, каменной кладкой и арочными элементами остается важной основой современной архитектурной практики. Региональные особенности проявляются в выборе материалов, организации естественного освещения и вентиляции, использовании кровли и дворового пространства, а также в стремлении к энергетической автономности зданий.

Цель статья является выявление и научное обоснование региональных особенностей современной архитектуры зданий и сооружений Палестины. Для достижения цели решаются следующие задачи: проанализировать природно-климатические и геоморфологические предпосылки проектирования; рассмотреть влияние политико-экономических и демографических условий; определить основные архитектурно-планировочные решения; выявить роль традиционных элементов в современной застройке; оценить значение устойчивых и технологических решений в формировании архитектурной среды.

Рис. 1. Церковь Рождества Христова в Вифлееме как пример исторической архитектурной преемственности. Источник: [10]; объект Всемирного наследия UNESCO.

1. Природно-климатические и геоморфологические факторы

Климат Палестины в значительной степени определяет архитектурные решения современных зданий и сооружений. Для региона характерны жаркое и сухое лето, мягкая и более влажная зима, высокая солнечная радиация и заметные суточные колебания температуры. Эти условия требуют применения проектных приемов, направленных на защиту от перегрева, рациональное использование естественного освещения и обеспечение вентиляции без чрезмерной зависимости от механического охлаждения.

Одним из устойчивых региональных признаков является использование камня. В горных районах Западного берега природный камень исторически выполнял не только конструктивную, но и климатическую функцию. Благодаря этому каменная архитектура оказывается связанной не только с образом традиционного палестинского города, но и с принципами пассивного климатического проектирования. В современной застройке камень часто используется как облицовочный и символический материал, однако его присутствие продолжает поддерживать визуальную связь здания с локальным ландшафтом.

Геоморфологическое разнообразие также влияет на архитектурную форму. В холмистых и горных районах характерны террасные решения, адаптация зданий к уклону. В прибрежных зонах сектора Газа и на равнинных территориях большее значение приобретают высокая плотность застройки, защита от влажности и рациональная организация ограниченных участков. Таким образом, региональная архитектура Палестины не выступает однородной: она изменяется в зависимости от рельефа, доступности материалов и характера урбанизации.

Для снижения тепловой нагрузки применяются крупные окна, внутренние дворы, сквозная вентиляция и ориентация помещений с учетом

движения солнца. В условиях дефицита воды особое значение приобретают водосберегающие технологии и сбор дождевой воды. Эти решения относятся не только к инженерной, но и к архитектурно-планировочной сфере, поскольку влияют на форму двора, кровли, инженерных помещений и наружных пространств.

Таблица 1
Природно-климатические факторы и архитектурные ответы

Фактор	Архитектурное воздействие	Типичное проектное решение
Высокая солнечная радиация	Риск перегрева фасадов и помещений	Затенение, светлые поверхности, глубокие проемы, ориентация здания
Суточные перепады температуры	Тепловой дискомфорт	Массивные стены, камень, теплоемкие материалы, пассивная вентиляция
Дефицит воды	Ограничения эксплуатации здания	Сбор дождевой воды, водосберегающие системы, рациональное озеленение
Холмистый рельеф	Сложность посадки здания	Террасирование, компактная застройка, подпорные конструкции
Высокая плотность застройки	Недостаток открытых пространств	Многофункциональные первые этажи, вертикальное развитие, использование кровель

2. Историко-культурная преемственность и трансформация традиционных решений

Одной из важнейших региональных характеристик современной архитектуры Палестины является преемственность и интеграция исторических и культурных элементов. Использование камня, арок и внутренних дворов отражает архитектурное наследие, которое охватывает века. Традиционный палестинский дом формируется как уникальная социально-пространственная система, где помещения группируются вокруг общего двора. Это создает комфортную среду, способствующую укреплению семейных и социальных связей, а также отвечает климатическим и экономическим требованиям.

Эти архитектурные решения не только уважительно относятся к историческому контексту, но и становятся неотъемлемой частью современной палестинской идентичности. Внутренний двор, представляет собой не только архитектурный элемент, но и модель социальной организации. Палестинский виртуальный музей отмечает, что комнаты традиционного дома открывались в общий двор, а с течением времени вокруг него могли появляться дополнительные помещения и этажи [2]. В современных условиях этот принцип трансформируется, двор может быть перекрыт светопрозрачными конструкциями, превращен в атриум, использован как общественное пространство внутри здания или как элемент климатического регулирования.

Трансформация традиционных элементов имеет принципиальное значение. Современная архитектура Палестины не воспроизводит исторические формы буквально. Она переосмысливает их в соответствии с новыми требованиями: санитарными нормами, инженерными системами, плотностью застройки и экономическими возможностями владельцев. Так, арка может сохраняться как фасадный мотив, но одновременно использоваться для формирования глубокого затененного проема, Внутренний двор может переходить от открытого семейного пространства к полузакрытому атриуму, повышающему энергоэффективность здания.

Рис. 2. Дворовая структура традиционной палестинской жилой среды: Хальхуль, 1940 г. Источник: [11].

3. Политико-экономические и демографические условия формирования застройки

Территориальная ограниченность усиливается экономическими трудностями и высокой стоимостью строительства. Ограниченный доступ к отдельным строительным материалам, нестабильность поставок, рост цен и сложные разрешительные процедуры приводят к тому, что архитектурные решения становятся более прагматичными. В жилой застройке распространены компактные планы, возможность поэтапного завершения здания, сохранение конструктивного резерва для будущей надстройки, а также совмещение жилых и коммерческих функций в одном объеме.

Демографический фактор особенно ярко проявляется в секторе Газа. По данным Palestinian Central Bureau of Statistics, около 2,2 млн человек проживают в секторе Газа на площади 365 км2, а плотность населения составляет более 6100 человек на км2 [4]. Такая концентрация населения создает чрезвычайно высокую нагрузку на жилье, дороги и энергетическую инфраструктуру. В архитектурном отношении это приводит к вертикализации застройки, сокращению частных дворов, использованию кровель как функциональных пространств и повышению значения многофункциональных зданий.

При этом формируется архитектура ограниченного маневра. Проектировщик вынужден учитывать не только эстетические и технические параметры, но и вероятность будущего расширения, доступность материалов, финансовые возможности семьи, стабильность инженерных сетей и административные ограничения. Поэтому современная палестинская архитектура часто имеет открытый, незавершенный во времени характер: здание проектируется как структура, способная изменяться вместе с потребностями владельцев.

Таблица 2
Социально-экономические условия и их влияние на архитектуру

Условие	Проявление в городской среде	Архитектурно-планировочный результат
Территориальные ограничения	Дефицит доступной земли, высокая стоимость участков	Компактная и вертикальная застройка
Административные барьеры	Сложность получения разрешений, задержки строительства	Поэтапное строительство и адаптивные конструктивные решения
Экономическая нестабильность	Ограниченный бюджет семьи или инвестора	Наращивание здания по мере появления финансовых ресурсов
Высокая плотность населения	Перегрузка инфраструктуры и жилого фонда	Многофункциональные здания, сокращение вспомогательных пространств
Нестабильное энергоснабжение	Рост эксплуатационных рисков	Солнечные панели, энергоэффективные решения, пассивные приемы

Рис. 3. Жилая застройка Рамаллы как пример уплотнения и вертикализации городской среды. Источник: [12].

4. Архитектурно-планировочные решения современных зданий и сооружений

Архитектурно-планировочные решения современных зданий Палестины можно рассматривать как совокупность адаптивных стратегий. Наиболее характерными являются гибкость внутренней планировки, многофункциональность, поэтапность строительства, использование первых этажей для коммерческих функций, рационализация инженерных зон и возможность последующей трансформации помещений.

Гибкое планирование связано с тем, что жилое пространство должно обслуживать изменяющиеся потребности семьи. В квартирах и частных домах существенное значение имеют трансформируемые перегородки, минимизация коридоров, объединение кухни и общей зоны, а также возможность временного разделения пространства. Такая гибкость не выступает признаком низкого качества проектирования; напротив, она отражает стремление повысить функциональную отдачу каждого квадратного метра.

Многофункциональность зданий особенно характерна для Палестинских улиц. Первый этаж часто используется под магазины, мастерские или сервисные помещения, а верхние этажи - под жилье. Это решение обеспечивает дополнительный доход, повышает интенсивность использования участка и поддерживает локальную экономику, Одновременно оно создает архитектурные вызовы. необходимо разделять входы, обеспечивать акустическую защиту, организовывать инженерные системы и сохранять приватность жилой части.

Поэтапное строительство является одной из наиболее заметных региональных особенностей. В ряде случаев здание строится не как завершенный объект, а как конструктивный каркас, рассчитанный на дальнейшее развитие. Железобетонные колонны, выступающие арматурные выпуски и плоская кровля становятся не только техническими элементами, но и выражением социальной реальности: семья оставляет возможность построить дополнительный этаж для детей или расширить жилье при улучшении финансового положения.

Вертикализация застройки не всегда означает появление высотных зданий в международном смысле. Чаще речь идет об увеличении этажности в пределах малых жилых объектов, плотной посадке зданий на участках и сокращении открытых пространств. В результате возникает противоречие между необходимостью уплотнения и потребностью в качестве среды. Решить его можно через более продуманную организацию общих пространств, зеленых крыш, дворовых разрывов, затененных переходов и общественных первых этажей.

Таблица 3
Основные архитектурно-планировочные решения

Тип решения	Содержание	Региональная функция
Гибкая планировка	Многофункциональное использование комнат, возможность трансформации	Адаптация жилья к изменению состава семьи и образа жизни
Многофункциональное здание	Жилье над коммерческим или сервисным первым этажом	Повышение экономической эффективности участка
Поэтапное строительство	Возведение здания частями с возможностью дальнейшей надстройки	Приспособление к финансовой нестабильности
Использование кровли	Солнечные панели, хозяйственные функции, временное открытое пространство	Компенсация нехватки земли и инженерных ресурсов
Пассивные климатические приемы	Затенение, вентиляция, теплоемкие материалы	Снижение эксплуатационных затрат

5. Устойчивость, энергетическая автономность и технологические решения

Устойчивость современной палестинской архитектуры следует понимать не только как экологический лозунг, но и как практическое условие жизнеспособности здания. В условиях нестабильного энергоснабжения и инфраструктурной нагрузки архитектурное проектирование должно учитывать снижение потребления энергии, использование естественного освещения, вентиляции, локальных материалов и возобновляемых источников.

Документы Всемирного банка указывают, что спрос на электроэнергию на Западном берегу быстро превышает возможности снабжения, а сектор Газа сталкивался с серьезным дефицитом электроэнергии, затрагивающим дома, больницы, школы и предприятия [5]. При этом солнечная энергетика становится важным элементом не только энергетической, но и архитектурной стратегии. Кровли зданий превращаются в площадки для размещения фотоэлектрических панелей, а проектирование кровельного пространства требует учета ориентации, несущей способности, обслуживания и безопасности [6].

Цифровые технологии также влияют на проектирование. Расчет конструкций, анализ вентиляции и оптимизация расхода материалов позволяют повышать точность решений. Однако в палестинском контексте технологичность должна сочетаться с доступностью. Излишне сложные или дорогостоящие системы не всегда соответствуют реальности эксплуатации. Поэтому наиболее перспективными являются гибридные решения. простые пассивные приемы, локальные материалы, энергоэффективные инженерные системы и солнечная энергетика там, где она экономически оправдана.

Рис. 4. Солнечная электростанция в Иерихоне как пример интеграции возобновляемой энергетики в инфраструктуру Палестины. Источник: [13].

6. Реконструкция и постконфликтный контекст

Отдельной проблемой современной архитектуры Палестины является восстановление разрушенной и поврежденной застройки. Реконструкция в данном случае не сводится к техническому восстановлению зданий. Она включает более широкий комплекс задач, возвращение людей к нормальной жизни, восстановление общественных функций, обеспечение безопасности, сохранение памяти места и создание более устойчивой городской среды.

Международный опыт послевоенной реконструкции показывает, что успешное восстановление должно сочетать сохранение исторической структуры с модернизацией инфраструктуры [8; 9]. Однако прямое перенесение европейских моделей на Палестину невозможно. Восстановление здесь происходит в условиях дефицита ресурсов, ограниченного доступа к материалам, высокой плотности населения и политико-административных ограничений. Поэтому палестинская реконструкция требует не только архитектурного, но и социально-экономического подхода.

В секторе Газа проблема реконструкции особенно сложна из-за масштабных разрушений, плотности населения и ограниченности территории. Визуальные материалы UNRWA, размещенные через Wikimedia Commons, демонстрируют повреждение городской ткани в районе Аль-Захра, что позволяет рассматривать восстановление как одну из ключевых тем современной архитектурной повестки [14]. В научном отношении важно подчеркнуть: разрушение застройки не должно вести к простому повторению прежних уязвимых схем. Реконструкция должна учитывать сейсмостойкость, энергоэффективность, доступность общественных пространств, устойчивость инженерных систем и возможность поэтапного восстановления.

Рис. 5. Поврежденная городская застройка в районе Аль-Захра, сектор Газа, как контекст архитектурной реконструкции. Источник: [14].

Вывод

Проведенный анализ показывает, что региональные особенности современной архитектуры зданий и сооружений Палестины проявляются на нескольких взаимосвязанных уровнях. Первый уровень - природно-климатический. Он определяет необходимость пассивных решений: затенения, вентиляции, использования теплоемких материалов, ориентации зданий и экономии воды. Второй уровень - историко-культурный. Он проявляется в сохранении и переосмыслении камня, двора, арки, плотной семейной структуры и локального масштаба пространства. Третий уровень - социально-экономический. Он связан с высокой плотностью, ограниченными бюджетами, многофункциональностью и поэтапным строительством. Четвертый уровень - инфраструктурно-технологический, включающий солнечную энергетику, инженерную автономность и цифровые инструменты проектирования.

Научная значимость полученных результатов заключается в том, что палестинская архитектура рассматривается не как сумма вынужденных компромиссов, а как адаптивная система. Ограничения в данном случае формируют особый тип проектного мышления. Архитектор должен одновременно решать задачи климата, плотности, экономики, социальной структуры, будущего расширения и устойчивости. Такая комплексность делает палестинский опыт важным для архитектурной науки, особенно в области изучения постконфликтных, ресурсно ограниченных и климатически напряженных регионов.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования выявленных принципов при разработке современных жилых и общественных зданий. К числу таких принципов относятся: сохранение связи с локальными материалами; проектирование гибких планировок; интеграция первых этажей в городскую экономику; конструктивная готовность к поэтапному расширению; использование кровель как энергетического и хозяйственного ресурса; сочетание пассивных климатических приемов с доступными современными технологиями.

Заключение

Современная архитектура зданий и сооружений Палестины формируется как адаптивная система, в которой региональные особенности играют определяющую роль. Ключевыми факторами являются средиземноморский климат, холмистый и прибрежный рельеф, историческая традиция каменного строительства и внутреннего двора, территориальные ограничения, высокая плотность населения, экономическая нестабильность, дефицит инженерных ресурсов и необходимость реконструкции поврежденной городской среды.

Исследование показало, что наиболее характерными архитектурно-планировочными решениями являются гибкая организация жилого пространства, многофункциональность зданий, поэтапное строительство, вертикальное развитие, использование локальных материалов, пассивные климатические приемы и интеграция солнечной энергетики. Эти решения не являются случайными: они представляют собой устойчивую реакцию архитектуры на региональные вызовы.

Региональная специфика палестинской архитектуры заключается в соединении традиции и современности. Традиционные элементы не только сохраняются как культурный символ, но и получают новые функции в условиях современной застройки. Внутренний двор, камень, арка, затенение и компактная планировка становятся частью более широкой стратегии устойчивого проектирования.

Таким образом, архитектура современной Палестины может рассматриваться как модель адаптивного проектирования, значимая для территорий, где архитектура вынуждена отвечать одновременно на климатические, социальные, экономические и постконфликтные вызовы. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку типологических моделей энергоэффективного жилья, школ и общественных зданий, приспособленных к условиям высокой плотности населения и ограниченных ресурсов.

Литература

1. ЮНЕСКО. Birthplace of Jesus: Church of the Nativity and the Pilgrimage Route, Bethlehem : World Heritage List [Электронный ресурс]. - URL: https://whc.unesco.org/en/list/1433/ .
2. Palestinian Virtual Museum. Traditional Palestinian House - Al-Hosh - The Courtyard [Электронный ресурс] / Ministry of Tourism and Antiquities. - URL: https://virtualmuseum.tourism.ps/en/article/72/Traditional-Palestinian-House---Al-Hosh---The-Courtyard .
3. PASSIA. Interim (Oslo II) Agreement, Taba, 28 September 1995 [Электронный ресурс]. - URL: https://maps.passia.org/interim-oslo-ii-agreement-taba-28-september-1995/ .
4. Palestinian Central Bureau of Statistics. Highlights Socio-Economic Indicators on the Impact of the Israeli Occupation on the Palestinian People [Электронный ресурс]. - URL: https://www.pcbs.gov.ps/en/post-details/?postId=20477.
5. The World Bank. West Bank and Gaza: Maximizing Finance for Development Stories [Электронный ресурс]. - Washington, DC : World Bank Group. - URL: https://documents.worldbank.org/curated/en/744341523856294905/pdf/125275-BRI-PUBLIC-REVISED-WestBankGazaupdated.pdf .
6. The World Bank. West Bank and Gaza Electricity Sector Performance Improvement Project: Project Restructuring Paper [Электронный ресурс]. - URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099101623235581068/txt/P1486000070cf30780b96f0b2c4951adbcb.txt .
7. Al-Jubeh, N. The Church of the Nativity in Bethlehem, the Oldest Church in Palestine: A Study in Architecture, Arts, History and Heritage. - Beirut : Institute for Palestine Studies, 2022. - 393 p.
8. Bullock, N. Modernising Post-war France: Architecture and Urbanism during Les Trente Glorieuses / N. Bullock. - 1st ed. - London ; New York : Routledge, 2022. - 304 p.
9. Галкина, Ю. С. Двухэтажный Ленинград. Жилая застройка 1945-1950 годов / Ю. С. Галкина, М. Шер. - Москва : Бомбора, 2023. - 314 с.
10. Wikimedia Commons. Church of the Nativity (7703592746).jpg : photograph by Neil Ward, CC BY 2.0 [Электронный ресурс]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Church_of_the_Nativity_(7703592746).jpg .
11. Library of Congress; Wikimedia Commons. Halhul village at kilom(eter) 30 on Hebron road. Courtyard in front of guest chamber, Halhul LOC matpc.20320.jpg [Электронный ресурс]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Halhul_village_at_kilom(eter)_30_on_Hebron_road._Courtyard_in_front_of_guest_chamber,_Halhul_LOC_matpc.20320.jpg .
12. Wikimedia Commons. Ramallah Residential.JPG : photograph by Ramallite, public domain [Электронный ресурс]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ramallah_Residential.JPG.
13. Wikimedia Commons. Solar Plant in Jericho.jpg : photograph by TrickyH, CC BY-SA 4.0 [Электронный ресурс]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_Plant_in_Jericho.jpg).
14. UNRWA; Wikimedia Commons. An aerial view of heavily damaged collapsed buildings caused by Israeli airstrikes in Al-Zahra, near Gaza city.jpg : photograph by Ashraf Amra, CC BY-SA 3.0 IGO [Электронный ресурс]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:An_aerial_view_of_heavily_damaged_collapsed_buildings_caused_by_Israeli_airstrikes_in_Al-Zahra,_near_Gaza_city.jpg.

Regional characteristics of contemporary architecture of buildings and structures in palestine

Abdrabbo Ahmed Osama Mohammed
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the features of modern architecture in Palestine formed under the influence of natural, cultural, socio-economic, and political factors. It is noted that architecture develops under conditions of limited resources, high population density, and unstable infrastructure. The study shows that Palestinian architecture combines local materials, passive climatic solutions, multifunctional buildings, phased construction, and the use of renewable energy sources. It is concluded that regional specificity shapes an independent and adaptive architectural model.

Keywords: Palestine, modern architecture, buildings and structures, regional features, architectural and planning solutions, sustainable development, dense urban development, reconstruction, passive architecture, solar energy.

References

1. UNESCO. Birthplace of Jesus: Church of the Nativity and the Pilgrim-age Route, Bethlehem : World Heritage List [Electronic resource]. - URL: https://whc.unesco.org/en/list/1433/ .
2. Palestinian Virtual Museum. Traditional Palestinian House - Al-Hosh - The Courtyard [Electronic resource] / Ministry of Tourism and Antiquities. - URL: https://virtualmuseum.tourism.ps/en/article/72/Traditional-Palestinian-House---Al-Hosh---The-Courtyard .
3. PASSIA. Interim (Oslo II) Agreement, Taba, 28 September 1995 [Electronic resource]. - URL: https://maps.passia.org/interim-oslo-ii-agreement-taba-28-september-1995/ .
4. Palestinian Central Bureau of Statistics. Highlights Socio-Economic Indicators on the Impact of the Israeli Occupation on the Palestinian People [Electronic resource]. - URL: https://www.pcbs.gov.ps/en/post-details/?postId=20477.
5. The World Bank. West Bank and Gaza: Maximizing Finance for Development-option Stories [Electronic resource]. - Washington, DC: World Bank Group. - URL: https://documents.worldbank.org/curated/en/744341523856294905/pdf/125275-BRI-PUBLIC-REVISED-WestBankGazaupdated.pdf .
6. The World Bank. West Bank and Gaza Electricity Sector Performance Improvement Project: Project Restructuring Paper [Electronic resource]. - URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099101623235581068/txt/P1486000070cf30780b96f0b2c4951adbcb.txt.
7. Al-Jubeh, N. The Church of the Nativity in Bethlehem, the Oldest Church in Palestine: A Study in Architecture, Arts, History and Heritage. - Beirut: Insti-tute for Palestine Studies, 2022. - 393 p.
8. Bullock, N. Modernizing Post-war France: Architecture and Urbanism during Les Trente Glorieuses / N. Bullock. - 1st ed. - London; New York: Routledge, 2022. - 304 p.
9. Galkina, Yu. S. Two-Storey Leningrad. Residential Development of 1945-1950 / Yu. S. Galkina, M. Sher. - Moscow: Bombora, 2023. - 314 p.
10. Wikimedia Commons. Church of the Nativity (7703592746).jpg : pho-tograph by Neil Ward, CC BY 2.0 [Electronic resource]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Church_of_the_Nativity_(7703592746).jpg .
11. Library of Congress; Wikimedia Commons. Halhul village at kilometer(eter) 30 on Hebron road. Courtyard in front of guest chamber, Halhul LOC matpc.20320.jpg [Electronic resource]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Halhul_village_at_kilom(eter)_30_on_ Hebron_road._Courtyard_in_front_of_guest_chamber,_Halhul_LOC_matpc.20320.jpg .
12. Wikimedia Commons. Ramallah Residential.JPG : photograph by Ramallite, public domain [Electronic resource]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ramallah_Residential.JPG.
13. Wikimedia Commons. Solar Plant in Jericho.jpg: photograph by Trick-yH, CC BY-SA 4.0 [Electronic resource]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_Plant_in_Jericho.jpg).
14. UNRWA; Wikimedia Commons. An aerial view of heavily damaged collapsed buildings caused by Israeli airstrikes in Al-Zahra, near Gaza city.jpg : photograph by Ashraf Amra, CC BY-SA 3.0 IGO [Electronic resource]. - URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:An_aerial_view_of_heavily_damaged_collapsed_buildings_caused_by_Israeli_airstrikes_in_Al-Zahra,_near_Gaza_city.jpg.

Трансформация машрабии как климатоориентированного архитектурного принципа в современной фасадной архитектуре

Аль Рабади Рана Башир Еид
аспирант, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), Rana.alrabadi@mail.ru

В статье рассматривается машрабия как климатоориентированный архитектурный принцип, сформировавшийся в условиях жаркого климата Ближнего Востока и получивший современную интерпретацию в фасадной архитектуре XXI века. Актуальность исследования обусловлена ростом интереса к пассивным способам регулирования микроклимата зданий и поиском устойчивых архитектурных решений в условиях глобального потепления.
Машрабия анализируется не как декоративный элемент исламской архитектуры, а как система экранной оболочки, обеспечивающая фильтрацию солнечного излучения, естественную вентиляцию и регулирование визуальной проницаемости. Выявляются её климатические и пространственные функции в традиционной жилой архитектуре.
Проводится сопоставительный анализ вернакулярной модели машрабии и её современных интерпретаций в фасадных системах, включая адаптивные и подвижные экраны. Установлено, что в современной архитектуре происходит переход от ремесленного элемента к технологически интегрированной фасадной системе, при этом сохраняются базовые принципы световой фильтрации, затенения и формирования промежуточного пространства.
Сделан вывод о том, что машрабия может рассматриваться как прототип климатоадаптивной фасадной архитектуры, а её трансформация демонстрирует возможность интеграции вернакулярных принципов в современные проектные концепции.
Ключевые слова: машрабия, климатоориентированная архитектура, фасадные системы, экранная оболочка, адаптивные фасады, вернакулярная архитектура, пассивное охлаждение, солнечное затенение, архитектура жаркого климата, устойчивое проектирование.

Введение

В условиях глобального изменения климата и ужесточения требований к энергоэффективности зданий архитектурная оболочка приобретает ключевое значение в формировании устойчивой среды. Фасад перестаёт рассматриваться исключительно как ограждающая конструкция и начинает интерпретироваться как активный элемент энергетической стратегии здания, регулирующий взаимодействие внутреннего пространства с внешними климатическими факторами. Особенно остро данная проблема проявляется в регионах с жарким и засушливым климатом, где интенсивная солнечная радиация и высокие температуры создают значительную тепловую нагрузку на архитектурные конструкции.

В поиске эффективных решений современная архитектурная практика всё чаще обращается к анализу вернакулярных систем, сформировавшихся в условиях экстремального климата задолго до появления механических систем кондиционирования. Одним из наиболее выразительных примеров подобной адаптивной стратегии является машрабия — решётчатая экранная конструкция, получившая широкое распространение в традиционной архитектуре стран Ближнего Востока. Исторически машрабия выполняла функции затенения, вентиляции и обеспечения приватности, формируя промежуточный слой между интерьером и улицей.

В современной архитектуре машрабия получает новую интерпретацию. Перфорированные панели, кинетические фасады и параметрически рассчитанные оболочки, вдохновлённые традиционным экраном, становятся инструментом управления солнечной радиацией и повышения энергоэффективности зданий. Однако характер этой трансформации остаётся дискуссионным. Возникает вопрос: воспроизводит ли современная фасадная архитектура климатическую логику машрабии или ограничивается стилистическим цитированием её орнаментальной структуры?

Актуальность исследования обусловлена необходимостью комплексного анализа машрабии как климатоориентированного архитектурного принципа и выявления закономерностей её трансформации в условиях технологической модернизации. В условиях глобализации архитектурной практики и распространения стеклянных фасадов проблема адаптивности оболочки приобретает универсальный характер. Исследование машрабии позволяет рассмотреть возможность интеграции вернакулярных принципов в современное проектирование на основе энергетической и пространственной логики.

Объектом исследования является фасадная архитектура зданий в условиях жаркого климата.

Предметом исследования выступает трансформация машрабии как экранного климатоориентированного принципа в современной архитектуре.

Цель исследования — выявить закономерности эволюции машрабии от вернакулярной пассивной конструкции к адаптивной фасадной системе XXI века.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

– проанализировать историко-терминологическую и функциональную природу машрабии в традиционной архитектуре;

– выявить её климатические и пространственные механизмы;

– исследовать современные типы экранных и адаптивных фасадных систем;

– сопоставить вернакулярную и современную модели с точки зрения энергетической, технологической и пространственной логики;

– определить степень сохранения структурного ядра экранного принципа в условиях цифрового проектирования.

Методологическую основу исследования составляют сравнительно-типологический анализ, системный подход к изучению архитектурной оболочки, а также интерпретация фасада как климатического медиатора. Используется анализ научных публикаций в области вернакулярной архитектуры, энергоэффективности и адаптивных фасадных систем.

Научная новизна исследования заключается в рассмотрении машрабии как структурной модели экранности и выявлении трёх направлений её современной трансформации — параметрического, кинетического и материально-адаптивного.

Практическая значимость работы состоит в возможности применения выявленных принципов при проектировании энергоэффективных фасадов в условиях жаркого климата.

1. Машрабия в вернакулярной архитектуре: климатическая, пространственная и культурная система

Машрабия является одним из наиболее характерных элементов традиционной архитектуры стран Ближнего Востока, сформировавшимся в условиях жаркого климата и плотной городской застройки. В различных регионах она имела собственные наименования, отражающие локальные особенности конструкции и культурную специфику: в Египте и на Аравийском полуострове употреблялся термин «рошан», в Ираке — «шанашиль». Этимологически слово «шанашиль» связывается с персидским выражением, которое можно интерпретировать как «сидящий король», что указывает на функцию наблюдения и контроля внешнего пространства из защищённой внутренней зоны.

Однако значение машрабии не ограничивается её культурно-символической функцией. Прежде всего она представляет собой климатоориентированную конструкцию, сформировавшуюся как результат адаптации жилой среды к экстремальным температурным условиям. Высокая интенсивность солнечной радиации, значительные суточные колебания температуры и ограниченные возможности активного охлаждения обусловили развитие пассивных архитектурных стратегий, направленных на снижение тепловых нагрузок. Машрабия стала одним из ключевых элементов подобной стратегии [1].

Конструктивно машрабия представляла собой выступающую деревянную решётчатую структуру, размещённую в зоне оконных проёмов верхних этажей. Геометрическая точность исполнения достигала нескольких миллиметров, что свидетельствует о высокой степени ремесленного мастерства и функциональной обусловленности формы. Размер и плотность ячеек определяли степень светопропускания и вентиляции, позволяя регулировать микроклимат внутренних помещений.

С точки зрения климатической физики машрабия функционировала как внешняя солнцезащитная система. Размещение перфорированного экрана перед оконным проёмом позволяло блокировать значительную часть прямой солнечной радиации до её проникновения в интерьер. Исследования в области энергоэффективного проектирования подтверждают, что внешние затеняющие устройства обладают более высокой эффективностью по сравнению с внутренними средствами защиты, поскольку предотвращают накопление тепла внутри помещения [10]. Таким образом, машрабия выступала ранней формой рационального солнечного контроля.

Помимо ограничения теплопритоков машрабия обеспечивала естественную вентиляцию. Перфорированная структура способствовала прохождению воздушных потоков и формированию конвекционных процессов. В сочетании с внутренним двором, который создавал зону пониженного давления и способствовал циркуляции воздуха, машрабия становилась частью комплексной системы пассивного охлаждения [5]. Воздух, проходя через мелкие отверстия, частично охлаждался и распределялся по внутреннему пространству, снижая температуру без использования механических устройств.

Материальность конструкции также имела климатическое значение. Дерево, обладая относительно низкой теплопроводностью, не аккумулировало избыточное тепло, в отличие от каменных стен. Это позволяло избегать вторичного нагрева воздуха от перегретой поверхности экрана. В сочетании с массивными ограждающими конструкциями, обеспечивавшими тепловую инерцию, формировался сбалансированный микроклимат [1].

Важной особенностью машрабии являлось формирование промежуточного пространства между интерьером и улицей. Экран создавал буферную зону, смягчающую контраст между внешней и внутренней средой. Подобная логика соответствует современному пониманию фасада как климатического медиатора, регулирующего энергетический обмен здания с окружающей средой [8].

Кроме климатической функции машрабия выполняла важную социальную роль. Решётчатая структура позволяла наблюдать за улицей, оставаясь невидимым снаружи. Это соответствовало культурным нормам приватности и гендерного разделения пространства. В ряде случаев конструкция использовалась для передачи предметов и покупок без прямого визуального контакта, что подчёркивает её интеграцию в повседневную жизнь.

Следует подчеркнуть, что машрабия не функционировала изолированно. Она являлась частью комплексной пространственной структуры традиционного дома, включающей внутренний двор, иерархию помещений и ориентацию фасадов. Системный характер вернакулярной архитектуры предполагал согласованную работу всех элементов, обеспечивающих климатическую устойчивость [4]. Машрабия усиливала эффективность этой системы, но не заменяла её.

В XX веке, в условиях модернизации и индустриализации, машрабия постепенно трансформируется. Традиционные деревянные конструкции заменяются бетонными и металлическими решётками, что упрощает производство, но снижает ремесленную точность и вариативность. На данном этапе экран начинает выполнять преимущественно декоративную функцию, особенно в зданиях, оснащённых системами кондиционирования. Тем не менее принцип экранности сохраняется как элемент региональной идентичности.

Таким образом, машрабия в вернакулярной архитектуре представляет собой многофункциональную климато-пространственную систему, объединяющую световую фильтрацию, вентиляцию и социальную регуляцию. Её эффективность основана на пассивных механизмах адаптации и точной геометрической организации формы. Анализ её структурного ядра позволяет рассматривать машрабию как исторический прототип адаптивной фасадной оболочки, принципы которой получают развитие в современной архитектуре.

2. Трансформация экранного принципа в современной фасадной архитектуре

В современной архитектурной теории и практике фасад всё чаще рассматривается не как статичная ограждающая конструкция, а как активная климатическая оболочка, регулирующая взаимодействие здания с внешней средой. Усиление глобальной климатической повестки, рост энергопотребления зданий и ужесточение нормативов энергоэффективности привели к переосмыслению роли фасадной структуры. В этих условиях экранность приобретает новое значение как инструмент управления солнечной радиацией, световым режимом и тепловыми потоками [8].

Распространение стеклянных фасадов во второй половине XX века стало символом модернистской прозрачности и технологического прогресса. Однако в регионах с жарким климатом подобная архитектурная модель выявила свою энергетическую уязвимость. Прозрачная оболочка значительно увеличивает коэффициент солнечного теплопритока, что приводит к росту нагрузки на системы кондиционирования. В результате архитектура оказывается зависимой от механических способов охлаждения, а энергопотребление зданий возрастает.

Ответом на данную проблему становится развитие внешних солнцезащитных систем. В отличие от внутренних средств защиты, которые блокируют свет уже после проникновения в помещение, внешние экраны ограничивают поступление энергии до её попадания в интерьер. Исследования показывают, что применение внешних затеняющих устройств позволяет существенно снизить охлаждающую нагрузку и улучшить энергетические показатели здания [10]. В этом контексте принцип машрабии как внешнего фильтрующего слоя приобретает новую актуальность.

Современные адаптивные фасады могут быть интерпретированы как технологическая эволюция экранного принципа. В научной литературе они обозначаются как climate adaptive building shells — оболочки, способные изменять свои параметры в зависимости от внешних условий [8]. Их развитие связано с внедрением цифрового моделирования, интеллектуальных материалов и автоматизированных систем управления.

Одним из направлений трансформации является статическая параметрическая модель. Перфорированные панели проектируются с использованием алгоритмов, учитывающих траекторию солнца, сезонные изменения инсоляции и ориентацию фасада. Плотность и конфигурация перфорации варьируются в зависимости от функциональных требований и климатических условий. Таким образом, адаптация достигается не посредством движения элементов, а через математически рассчитанную геометрию формы. В этом аспекте прослеживается структурная преемственность с традиционной машрабией, где плотность узора также определяла степень светопропускания.

Вторым направлением является кинетическая модель, предполагающая динамическое изменение конфигурации фасадной оболочки. Примером подобной системы служат Al Bahar Towers в Абу-Даби, где фасад оснащён подвижными треугольными панелями, реагирующими на изменение солнечной траектории [12]. Датчики освещённости и алгоритмы управления позволяют изменять степень раскрытия элементов, обеспечивая оптимальный баланс между затенением и освещённостью. В данном случае экран превращается в механизированную климатическую машину, интегрированную в энергетическую модель здания.

Третье направление связано с использованием интеллектуальных материалов, таких как электрохромное стекло, способное изменять степень прозрачности под воздействием электрического сигнала [9]. Подобные технологии позволяют регулировать светопропускание без приме-

нения подвижных элементов. Адаптация осуществляется на уровне материала, что свидетельствует о переходе к новой фазе развития фасадной оболочки — от геометрической к материальной динамике.

С энергетической точки зрения адаптивные фасады выполняют несколько ключевых функций: снижение коэффициента солнечного теплопритока, оптимизация естественного освещения, уменьшение бликов и стабилизация внутреннего микроклимата [10]. Интеграция экранных систем позволяет уменьшить потребление энергии на охлаждение и повысить общую энергоэффективность здания.

Однако развитие адаптивных фасадов сопровождается ростом технологической сложности. Кинетические системы требуют энергоснабжения, регулярного технического обслуживания и интеграции в интеллектуальную инфраструктуру здания. Это формирует гибридную модель устойчивости, в которой снижение тепловых нагрузок достигается за счёт использования активных механизмов. В отличие от пассивной вернакулярной машрабии, современная оболочка зависит от технологических ресурсов.

Существенным изменением является масштаб применения экранного принципа. Если в традиционной архитектуре машрабия ограничивалась оконным проёмом или частью фасада, то современные системы охватывают всю плоскость здания. Экран становится доминирующим архитектурным элементом, определяющим образ сооружения. Более того, экранность переносится в городской масштаб: перфорированные навесы и затеняющие конструкции используются для формирования комфортных общественных пространств в условиях жаркого климата.

Методологически современное проектирование фасадов основано на использовании цифровых инструментов анализа. Программные комплексы позволяют моделировать поведение оболочки в течение года, учитывать ветровые нагрузки, солнечную радиацию и тепловые потоки. Геометрия экрана формируется на основе научных расчётов, что отличает её от ремесленной традиции прошлого. Тем не менее принцип формирования промежуточного слоя сохраняется.

Следует отметить и символическое измерение современной экранности. Перфорированные фасады нередко используются как средство культурной репрезентации, формируя связь с исламской архитектурной традицией. Однако при отсутствии реальной климатической функции экран может превращаться в стилистическую цитату. Это создаёт методологическую проблему разграничения функциональной адаптации и декоративной стилизации.

Таким образом, современная фасадная архитектура демонстрирует переход от статичной ограждающей конструкции к динамической климатической оболочке. Экранность становится инструментом регулирования энергетического обмена, формообразования и культурной идентификации. При этом сохраняется структурное ядро принципа, сформировавшегося в вернакулярной архитектуре, но его реализация осуществляется в иной технологической и нормативной среде.

3. Сравнительный анализ вернакулярной машрабии и современных адаптивных фасадных систем

Сопоставление машрабии в традиционной архитектуре и её современных интерпретаций позволяет выявить не только преемственность экранного принципа, но и глубокие структурные изменения, произошедшие в архитектурной оболочке за последние столетия. Если в вернакулярной среде машрабия формировалась как часть комплексной пространственно-климатической системы, то в современной практике экранная оболочка становится автономной инженерной подсистемой здания, интегрированной в энергетическую инфраструктуру.

Прежде всего различия проявляются в энергетической модели функционирования. Традиционная машрабия была элементом пассивной системы охлаждения. Её эффективность обеспечивалась геометрией перфорации, ориентацией фасада и взаимодействием с естественной вентиляцией [1], [5]. Конструкция не требовала внешнего энергоснабжения и функционировала на основе природных физических процессов — затенения, конвекции и рассеивания света.

Современные адаптивные фасады, напротив, часто работают в гибридном или активном режиме. Кинетические системы, подобные применённым в Al Bahar Towers, используют алгоритмы и сенсоры для регулирования положения экранных элементов [12]. Это позволяет более точно контролировать тепловые притоки, однако создаёт зависимость от электроэнергии и технического обслуживания. Таким образом, устойчивость достигается посредством технологической интеграции, а не исключительно пассивных средств.

Вторым существенным различием является изменение масштаба. Машрабия в традиционном доме представляла собой локальный элемент, связанный с конкретным оконным проёмом. Её размеры определялись пропорциями человеческого тела и функциональными потребностями жилого пространства. Современные фасадные экраны охватывают всю плоскость здания, формируя масштабные оболочки высотных сооружений. Это требует учёта ветровых нагрузок, прочностных характеристик материалов и интеграции в несущую структуру. Экран превращается в архитектурную систему, влияющую на конструктивную схему здания.

Третье различие связано с методологией проектирования. Вернакулярная машрабия формировалась в рамках ремесленной традиции, где знания передавались эмпирически. Геометрия узора определялась практическим опытом и адаптацией к локальному климату. Современные фасады проектируются на основе параметрического моделирования и энергетических симуляций [8]. Программные инструменты позволяют прогнозировать годовое распределение солнечной радиации и рассчитывать оптимальную плотность перфорации. Таким образом, интуитивная адаптация уступает место алгоритмической.

Четвёртым аспектом является изменение пространственной роли экрана. В традиционном жилище машрабия формировала промежуточную зону между улицей и интерьером. Она участвовала в организации приватности, обеспечивала возможность наблюдения и регулировала визуальные связи. В современных офисных и общественных зданиях экран выполняет преимущественно климатическую и композиционную функцию. Социальная составляющая, связанная с приватностью, утрачивает первостепенное значение.

Пятое различие касается материальности. Традиционная машрабия выполнялась из дерева — материала с определёнными теплотехническими свойствами. Современные фасады используют алюминий, стекло, композитные материалы и интеллектуальные покрытия [9]. Это расширяет конструктивные возможности, но изменяет тактильный и культурный характер элемента.

В то же время сопоставительный анализ позволяет выявить устойчивое структурное ядро, сохраняющееся несмотря на технологическую трансформацию. Это ядро включает:

– формирование промежуточного слоя между интерьером и экстерьером;

– регулирование солнечной радиации до её проникновения внутрь;

– фильтрацию светового потока;

– создание глубины фасадной плоскости.

Именно эти характеристики позволяют рассматривать машрабию как прототип современной адаптивной оболочки.

Особого внимания заслуживает вопрос эксплуатационной устойчивости. Традиционная машрабия могла функционировать десятилетиями без существенных технических вмешательств. Её ремонт осуществлялся локально, а материалы были доступны и воспроизводимы. Современные кинетические фасады требуют регулярного обслуживания, замены приводов и обновления программного обеспечения. Это увеличивает стоимость жизненного цикла здания и создаёт риски отказа системы. Таким образом, технологическая модернизация сопровождается усложнением эксплуатационной структуры.

Необходимо также учитывать экономический аспект. Установка адаптивных фасадов требует значительных первоначальных инвестиций. Однако снижение энергопотребления может компенсировать эти затраты в долгосрочной перспективе. В этом контексте экранность приобретает экономическое измерение, становясь инструментом оптимизации эксплуатационных расходов.

Отдельного рассмотрения заслуживает проблема стилизации. В ряде проектов перфорированные фасады используются как визуальная отсылка к исламской архитектуре, не участвуя в реальной климатической регуляции. В подобных случаях экран превращается в декоративный элемент, утрачивая свою функциональную логику. Это приводит к разрыву между формой и содержанием и снижает концептуальную ценность интерпретации.

Сравнительный анализ позволяет выделить три модели современной трансформации машрабии:

1. Параметрическая статическая модель — геометрически оптимизированная оболочка без механического движения.
2. Кинетическая модель — динамическая система с подвижными элементами.
3. Материально-адаптивная модель — использование интеллектуальных материалов с изменяемыми оптическими свойствами.

Каждая из этих моделей демонстрирует различную степень технологической зависимости и энергетической эффективности, однако все они воспроизводят принцип экранности.

Таким образом, трансформация машрабии отражает более широкий процесс эволюции архитектурной оболочки — от ремесленного элемента к инженерной системе, от локальной конструкции к глобальной

фасадной стратегии. Несмотря на технологические различия, сохраняется фундаментальная идея регулирования взаимодействия здания с климатом посредством промежуточного фильтрующего слоя. Именно это структурное ядро обеспечивает преемственность между вернакулярной традицией и современной архитектурной практикой.

Заключение

Проведённое исследование позволило рассмотреть машрабию не как локальный декоративный элемент традиционной архитектуры Ближнего Востока, а как структурную климатоориентированную модель, сформировавшуюся в условиях экстремального жаркого климата и плотной городской среды. Анализ показал, что машрабия представляла собой не изолированную деталь фасада, а часть комплексной пространственно-климатической системы, включавшей дворовую организацию жилища, массивные ограждающие конструкции, естественную вентиляцию и иерархию приватных зон.

В традиционной архитектуре машрабия функционировала как пассивный регулятор взаимодействия между интерьером и внешней средой. Её геометрия обеспечивала ограничение прямой солнечной радиации, формирование рассеянного светового потока и создание благоприятного микроклимата без применения механических систем охлаждения. Принцип экранности реализовывался через формирование промежуточного слоя, который смягчал температурные и световые контрасты, одновременно обеспечивая вентиляцию и приватность. Таким образом, машрабия выступала как архитектурный медиатор между климатом и пространством.

Сравнительный анализ показал, что современная фасадная архитектура воспроизводит данный принцип в трансформированном виде. Распространение стеклянных оболочек и высотных зданий привело к необходимости разработки компенсаторных механизмов, способных снизить тепловую нагрузку и повысить энергоэффективность. В этом контексте экранные фасады, перфорированные панели, кинетические конструкции и интеллектуальные материалы можно рассматривать как технологическую эволюцию машрабии.

Однако характер этой трансформации принципиально отличается от вернакулярной модели. Если традиционная машрабия функционировала в рамках пассивной энергетической системы, то современные адаптивные фасады часто работают в гибридном или активном режиме, интегрированном в инженерную инфраструктуру здания. Кинетические системы требуют энергоснабжения, технического обслуживания и цифрового управления, что формирует новую модель устойчивости — технологически опосредованную.

Исследование позволило выявить три основных направления современной интерпретации машрабии: параметрическое статическое, кинетическое и материально-адаптивное. В параметрической модели геометрия экрана рассчитывается с использованием цифрового анализа инсоляции и тепловых потоков. В кинетической модели применяется динамическое изменение конфигурации фасада в зависимости от климатических условий. В материально-адаптивной модели используются интеллектуальные материалы, способные изменять свои оптические характеристики. Несмотря на различия в технологии, все эти направления сохраняют структурное ядро — формирование регулируемого промежуточного слоя между внутренним и внешним пространством.

Существенные изменения произошли и в пространственной роли экранного элемента. В традиционном жилище машрабия участвовала в организации социальной структуры дома, обеспечивая приватность и визуальный контроль. В современной архитектуре данная функция зачастую утрачивается, уступая место энергетической эффективности и формообразованию. Экран становится частью фасадной инженерной системы и элементом архитектурного образа, а не инструментом повседневного социального взаимодействия.

Отдельного внимания заслуживает проблема стилизации. В ряде проектов машрабия используется исключительно как визуальный символ региональной идентичности, без реального участия в климатической регуляции. Подобная практика свидетельствует о разрыве между формой и функциональной логикой традиционного прототипа. В таких случаях экранность теряет свою системную сущность и превращается в декоративный мотив.

Вместе с тем анализ современных объектов показывает, что при корректной интеграции экранные фасады способны существенно повысить энергетическую эффективность здания, снизить охлаждающую нагрузку и улучшить световой комфорт. Это подтверждает актуальность обращения к вернакулярным принципам в условиях климатических вызовов XXI века.

Научная новизна исследования заключается в интерпретации машрабии как структурной климатической модели и в выявлении закономерностей её трансформации в современной фасадной архитектуре через призму энергетической, технологической и пространственной эволюции. В работе показано, что современная экранность представляет собой не прямое копирование традиции, а переработку её принципов в условиях цифрового проектирования и нормативной регламентации.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования выявленных закономерностей при проектировании энергоэффективных фасадов в регионах с жарким климатом. Принцип формирования промежуточного фильтрующего слоя может быть адаптирован к различным типологиям зданий — от жилых до общественных и высотных сооружений.

Таким образом, машрабия может рассматриваться как исторический прототип адаптивной фасадной оболочки, демонстрирующий потенциал интеграции вернакулярных решений в современную архитектурную практику. Её эволюция отражает более широкий процесс трансформации архитектурной оболочки — от ремесленного пассивного элемента к цифрово управляемой инженерной системе. Сохраняя структурное ядро экранности, современная фасадная архитектура одновременно переосмысливает его в рамках новой технологической парадигмы, что открывает перспективы дальнейших исследований в области устойчивого проектирования.

Литература

1. Fathy H. *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*. Chicago: University of Chicago Press, 1986.
2. Bianca S. *Urban Form in the Arab World: Past and Present*. London: Thames & Hudson, 2000.
3. Al-Qawasmi J. Architectural identity in contemporary housing of the Arab world // *Archnet-IJAR*. 2021. Vol. 15, No. 2. P. 247–262. DOI:10.1108/ARCH-09-2020-0210.
4. Omer S. Vernacular architecture as a sustainable design approach // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 145. P. 166–173.
5. Al-Jameel A., Hassan A. Courtyard houses as a tool for microclimate regulation in hot climates // *Energy and Buildings*. 2025. Vol. 305. Art. 113015. DOI:10.1016/j.enbuild.2024.113015.
6. Al-Hammadi A., Abu-Hijleh B. Climate-responsive strategies of courtyard housing in hot arid regions // *Frontiers of Architectural Research*. 2022. Vol. 11, No. 3. P. 420–432. DOI:10.1016/j.foar.2022.04.006.
7. Givoni B. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
8. Loonen R.C.G.M., Trčka M., Cóstola D., Hensen J.L.M. Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 25. P. 483–493. DOI:10.1016/j.rser.2013.04.016.
9. Granqvist C.G. Electrochromics for smart windows: Oxide-based thin films and devices // *Thin Solid Films*. 2014. Vol. 564. P. 1–38. DOI:10.1016/j.tsf.2014.02.002.
10. Favoino F., Overend M. The optimal thermo-optical properties and energy saving potential of adaptive glazing technologies // *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 94. P. 130–144. DOI:10.1016/j.enbuild.2015.07.052.
11. Knaack U., Klein T., Bilow M., Auer T. *Façades: Principles of Construction*. Basel: Birkhäuser, 2014.
12. Al-Bahar Towers: Responsive Architecture in Abu Dhabi // *CTBUH Journal*. 2012. Issue II. P. 22–29.

The Transformation of Mashrabiya as a Climate-Oriented Architectural Principle in Contemporary Facade Architecture

Al Rabadi Rana Bashir Eid

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines mashrabiya as a climate-sensitive architectural principle that developed in the hot Middle East and has found a contemporary interpretation in 21st-century façade architecture. The relevance of this study stems from the growing interest in passive methods of regulating the microclimate of buildings and the search for sustainable architectural solutions in the face of global warming.

The mashrabiya is analyzed not as a decorative element of Islamic architecture, but as a screening system that provides solar radiation filtration, natural ventilation, and regulation of visual permeability. Its climatic and spatial functions in traditional residential architecture are identified.

A comparative analysis is conducted of the vernacular mashrabiya model and its modern interpretations in façade systems, including adaptive and movable screens. It is established that contemporary architecture is shifting from a craft-based element to a technologically integrated façade system, while maintaining the basic principles of light filtering, shading, and the formation of interstitial space.

It is concluded that mashrabiya can be considered as a prototype of climate-adaptive façade architecture, and its transformation demonstrates the possibility of integrating vernacular principles into modern design concepts.

Keywords: mashrabiya, climate-sensitized architecture, façade systems, screen envelope, adaptive façades, vernacular architecture, passive cooling, solar shading, hot climate architecture, sustainable design.

References

1. Fathy H. Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates. Chicago: University of Chicago Press, 1986.
2. Bianca S. Urban Form in the Arab World: Past and Present. London: Thames & Hudson, 2000.
3. Al-Qawasmi J. Architectural identity in contemporary housing of the Arab world // Archnet-IJAR. 2021. Vol. 15, No. 2. P. 247–262. DOI:10.1108/ARCH-09-2020-0210.
4. Omer S. Vernacular architecture as a sustainable design approach // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. P. 166–173.
5. Al-Jameel A., Hassan A. Courtyard houses as a tool for microclimate regulation in hot climates // Energy and Buildings. 2025. Vol. 305. Art. 113015. DOI:10.1016/j.enbuild.2024.113015.
6. Al-Hammadi A., Abu-Hijleh B. Climate-responsive strategies of courtyard housing in hot arid regions // Frontiers of Architectural Research. 2022. Vol. 11, No. 3. P. 420–432. DOI:10.1016/j.foar.2022.04.006.
7. Givoni B. Climate Considerations in Building and Urban Design. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
8. Loonen R.C.G.M., Trčka M., Cóstola D., Hensen J.L.M. Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. Vol. 25. P. 483–493. DOI:10.1016/j.rser.2013.04.016.
9. Granqvist C.G. Electrochromics for smart windows: Oxide-based thin films and devices // Thin Solid Films. 2014. Vol. 564. P. 1–38. DOI:10.1016/j.tsf.2014.02.002.
10. Favoino F., Overend M. The optimal thermo-optical properties and energy saving potential of adaptive glazing technologies // Energy and Buildings. 2015. Vol. 94. P. 130–144. DOI:10.1016/j.enbuild.2015.07.052.
11. Knaack U., Klein T., Bilow M., Auer T. Façades: Principles of Construction. Basel: Birkhäuser, 2014.
12. Al-Bahar Towers: Responsive

Экономическая эффективность внедрения энергоэффективных технологий в капитальном ремонте многоквартирных домов в Российской Федерации

Архипова Александра Юрьевна
бакалавр, НИУ МГСУ, sashali9404@gmail.com,

Боченко Илья Владимирович
бакалавр, НИУ МГСУ, ilia.bochenko@outlook.com,

Костин Денис Сергеевич
бакалавр, НИУ МГСУ, dkostin19@yandex.ru,

Скалозуб Всеволод Алексеевич
бакалавр, НИУ МГСУ, seva.skalozub@mail.ru,

Желнинский Владимир Александрович
ст. преп. кафедры ЖКК, НИУ МГСУ, ZhelninskiyVA@mgsu.ru

В статье рассматривается экономическая эффективность внедрения энергоэффективных технологий при капитальном ремонте многоквартирных домов в Российской Федерации с учетом требований нормативных документов, включая СП 50.13330.2024 и СП 60.13330.2020. Проведен сравнительный анализ трех сценариев модернизации: базового, частичного и комплексного. На основе расчетов годового теплопотребления и эксплуатационных затрат выявлено, что комплексный подход обеспечивает снижение энергопотребления до 50 % и обладает наибольшей инвестиционной эффективностью в долгосрочной перспективе. Установлено, что учет роста тарифов на тепловую энергию и снижение затрат на эксплуатацию существенно сокращают срок окупаемости проектов. Показано, что частичная модернизация ограничивает потенциал энергосбережения, тогда как системный подход формирует синергетический эффект. Сделан вывод о целесообразности комплексного внедрения энергоэффективных решений в рамках капитального ремонта как ключевого направления повышения эффективности жилищного фонда РФ.

Ключевые слова: капитальный ремонт, энергоэффективность, многоквартирные дома, теплопотребление, экономическая эффективность, срок окупаемости, СП 50.13330, энергосбережение, модернизация зданий, эксплуатационные затраты.

Экономическая эффективность внедрения энергоэффективных технологий в капитальном ремонте многоквартирных домов в Российской Федерации должна рассматриваться не только через расчет прямой окупаемости, но и через сопоставление различных сценариев модернизации, анализ нормативных требований и оценку совокупного жизненного цикла здания. В современных условиях капитальный ремонт фактически трансформируется в инструмент повышения класса энергетической эффективности зданий в соответствии с требованиями СП 50.13330.2024, СП 60.13330.2020 и СП 54.13330.2022.

Для проведения исследования целесообразно рассмотреть три сценария капитального ремонта типового многоквартирного дома 1975–1985 гг. постройки площадью 5000 м²: базовый (минимальный ремонт без повышения энергоэффективности), частично энергоэффективный (утепление ограждающих конструкций и замена окон) и комплексный (утепление, модернизация инженерных систем, автоматизация теплопотребления).

В базовом сценарии выполняются работы, предусмотренные региональными программами капитального ремонта без существенного изменения теплотехнических характеристик здания. Сопротивление теплопередаче наружных стен остается на уровне 1,3 м²·°С/Вт при нормативе 3,2–3,5 м²·°С/Вт. Удельное теплопотребление составляет порядка 180–190 кВт·ч/м²·год. Годовой расход тепловой энергии:

$Q_1 = 185 \times 5000 = 925\,000$ кВт·ч.

При тарифе 2500 руб./Гкал:

925 000 / 1163 ≈ 795 Гкал → 1 987 500 руб./год.

При этом капитальные затраты ограничиваются примерно 6–7 млн руб., однако экономический эффект отсутствует, а эксплуатационные расходы остаются высокими.

Частично энергоэффективный сценарий включает утепление фасада в соответствии с требованиями ГОСТ 31168-2014 и замену оконных блоков на энергоэффективные. В этом случае сопротивление теплопередаче возрастает до 2,8–3,0 м²·°С/Вт, а удельное потребление снижается до 120–130 кВт·ч/м²·год.

$Q_2 = 125 \times 5000 = 625\,000$ кВт·ч.

625 000 / 1163 ≈ 537 Гкал → 1 342 500 руб./год.

Экономия по сравнению с базовым сценарием:

1 987 500 – 1 342 500 = 645 000 руб./год.

Затраты на реализацию составляют порядка 11–12 млн руб., следовательно, срок окупаемости:

$T_2 = 11\,500\,000 / 645\,000 \approx 17{,}8$ лет.

Однако данный вариант не учитывает модернизацию инженерных систем, что ограничивает потенциал энергосбережения.

Комплексный сценарий соответствует требованиям современных СП и включает утепление ограждающих конструкций, замену окон, установку индивидуального теплового пункта с погодным регулированием, балансировку системы отопления и применение энергоэффективного оборудования. При этом достигается сопротивление теплопередаче на уровне нормативных значений и выше (3,3–3,5 м²·°С/Вт), а удельное теплопотребление снижается до 85–95 кВт·ч/м²·год.

$Q_3 = 90 \times 5000 = 450\,000$ кВт·ч.

450 000 / 1163 ≈ 387 Гкал → 967 500 руб./год.

Экономия относительно базового сценария:

1 987 500 – 967 500 = 1 020 000 руб./год.

Затраты составляют около 15–16 млн руб., тогда срок окупаемости:

$T_3 = 15\,500\,000 / 1\,020\,000 \approx 15{,}2$ лет.

На первый взгляд разница в сроках окупаемости между частичным и комплексным вариантами невелика, однако при более детальном рассмотрении становятся очевидными принципиальные различия. Во-первых, комплексное решение позволяет сократить потребление энергоресурсов почти вдвое, тогда как при частичном подходе удается сэкономить лишь 30-35 % подобных ресурсов. Во-вторых, при комплексном варианте объект полностью соответствует требованиям нормативных документов, а значит, отсутствует риск, что в дальнейшем придется вновь капиталовложений для проведения обновления.

Рассмотрение ситуации с учетом роста тарифов показывает еще более впечатляющую выгодоустойчивость комплексного подхода. При увеличении стоимости тепловой энергии на 5 % в год за 15 лет накопленная экономия составит: при частичной модернизации порядка 15 млн

рублей, а при комплексном более 25 млн рублей. Разница в общей выгоде превышает 60 %.

Не стоит забывать и об эксплуатационной выгоде. В соответствии с СП 255.1325800.2016 повышении энергоэффективности снижает интенсивность температурных деформаций конструкций, уменьшает вероятность образования конденсата на ограждающих поверхностях, и тем самым способствует продлению срока службы последних. Освобождение от затрат на текущий ремонт в среднем на 10-15 % в год составляет дополнительную экономию, которую мы не учитываем в расчетах при модернизации.

Из сравнительной базы данных известно и то, что при выборах в пользу частичного обновления чаще всего объект подвергается «запиранию» высокой энергоэффективности, поскольку любое последующее повышение уровня ресурсосбережения требует демонтажа уже сделанных работ. Например, если не планируется замена системы отопления или вентиляции, то даже при ее правильном утеплении с помощью минваты объект не сможет сэкономить таких жестко закрепляемых ресурсов, как теплоресурсов неосторожно тратится.

Комплексное решение, позволит добиться синергетического эффекта. С снижением потерь тепла через наружные ограждающие конструкции будет связана подача тепла не по стандарту, а по современному нормативу: воздействие здания на соседей и внешнюю среду. Остается открытым вопрос: сколько сэкономят 2-3 мощных устройства для обогрева и вентиляции, если утепленное здание не про остро нуждается в 15-20 летах, не ощуеваются увеличенные вычислительным путем вычисляосудареи, для того чтобы в будущем не тратить дополнительных ресурсов, которых десятилетиями назад было вложено.

С экономической точки зрения полезно рассмотреть показатель удельных инвестиций. Варианты удельных инвестиций в розрахунках: примерно 1400 рублей на м² в базовом сценарии, 2300 в частичном сценарии ремонтных и модернизационных работ, 3100 рублей на м² полный капитальный ремонт. Совокупные ресурсы за 1 рубль, внесенный в дом: при частичной реставрации 0, 056 руб., а при капитальном ремонте 0, 066 руб. Как анчастном случае. будем пересчитываться.

Исходя из представленных на рассмотрение сценариев, можно сделать вывод, что минимальные по размерам инвестиции в капитальный ремонт собственно энергоэффективных мерии обеспечивают выгоду в перспективе: при небольшом стартовом капвете будут некоторыми десятилетиями позднее необходимы дополнительные деньги. Частичная модереция как компрмисный вариант, но круглогодично ограничен по своим возможностям по экономии энергоресурсов, а также в будущем в связи с необходимостью ухечения энергетической эффективности и вентиляции ветровых капель, а следственных и динамических нагрузок. Теперь более явидная с точки зрения длительной экономии, нормативного соответствия и жизненного цикла здания при комплексном строительсвте. все энергоэффективные технологии реализуются комплексно.

Литература

1. СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минстрой России, 2024.
2. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Минстрой России, 2020.
3. СП 54.13330.2022. Здания жилые многоквартирные. М.: Минстрой России, 2022.
4. СП 255.1325800.2016. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. М.: Минстрой России, 2016.
5. ГОСТ 31168-2014. Конструкции стеновые наружные с фасадной теплоизоляцией. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014.
6. ГОСТ Р 54851-2011. Энергетическая эффективность зданий. Методика определения. М.: Стандартинформ, 2011.
7. Федеральный закон РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».
8. Постановление Правительства РФ от 27.09.2021 № 1628 «О требованиях к энергоэффективности зданий».
9. Гришин А. В., Кузнецов Д. С. Энергоэффективность жилых зданий при капитальном ремонте. М.: АСВ, 2021.
10. Лапидус А. А., Макаров И. Н. Экономика энергосбережения в строительстве. М.: МГСУ, 2020.

Economic Efficiency of Implementing Energy-Efficient Technologies in Major Repairs of Apartment Buildings in the Russian Federation

Arkhipova A.Yu., Bochenko I.V., Kostin D.S., Skalozub V.A., Zhelninsky V.A.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the economic efficiency of implementing energy-efficient technologies during the major renovation of multi-apartment residential buildings in the Russian Federation, taking into account the requirements of regulatory documents, including SP 50.13330.2024 and SP 60.13330.2020. A comparative analysis of three modernization scenarios—basic, partial, and comprehensive—is carried out. Based on calculations of annual heat consumption and operating costs, it is determined that the comprehensive approach ensures up to a 50% reduction in energy consumption and demonstrates the highest investment efficiency in the long term. It is established that accounting for the growth of heat energy tariffs and the reduction of operating costs significantly shortens the payback period of projects. It is shown that partial modernization limits the potential for energy savings, while a systematic approach creates a synergistic effect. The conclusion is made about the feasibility of comprehensive implementation of energy-efficient solutions within capital renovation as a key direction for improving the efficiency of the housing stock in the Russian Federation.

Keywords: capital renovation, energy efficiency, multi-apartment buildings, heat consumption, economic efficiency, payback period, SP 50.13330, energy saving, building modernization, operating costs.

References

1. SP 50.13330.2024. Thermal Protection of Buildings. Updated version of SNiP 23-02-2003. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2024.
2. SP 60.13330.2020. Heating, Ventilation and Air Conditioning. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2020.
3. SP 54.13330.2022. Residential Multi-Apartment Buildings. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2022.
4. SP 255.1325800.2016. Buildings and Structures. Rules of Operation. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016.
5. GOST 31168-2014. External Wall Systems with Facade Thermal Insulation. General Specifications. Moscow: Standartinform, 2014.
6. GOST R 54851-2011. Energy Efficiency of Buildings. Method of Determination. Moscow: Standartinform, 2011.
7. Federal Law of the Russian Federation No. 261-FZ dated November 23, 2009 “On Energy Saving and Improving Energy Efficiency.”
8. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1628 dated September 27, 2021 “On Requirements for Energy Efficiency of Buildings.”
9. Grishin A. V., Kuznetsov D. S. Energy Efficiency of Residential Buildings during Major Renovation. Moscow: ASV, 2021.
10. Lapidus A. A., Makarov I. N. Economics of Energy Saving in Construction. Moscow: MGSU, 2020.

Повышение эффективности строительного производства за счёт оптимизации логистики материально-технических ресурсов на строительной площадке

Березкин Иван Дмитриевич
студент, НИУ МГСУ, ivan.berezkin.2004@mail.ru,

Карачаева Нелли Даниловна
студент, НИУ МГСУ, nelka0417@mail.ru,

Смирнов Георгий Дмитриевич
студент, НИУ МГСУ, smirnovgeorgij0@gmail.com,

Земских Ксения Андреевна
студент, НИУ МГСУ, Kzemskih@yandex.ru,

Бидов Тембот Хасанбиевич
кандидат технических наук, доцент, НИУ МГСУ, BidovTB@mgsu.ru

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности строительного производства за счёт оптимизации логистики материально-технических ресурсов на строительной площадке. Исследованы современные подходы к организации материально-технического обеспечения строительных процессов в условиях возрастающих требований к срокам, стоимости и качеству реализации инвестиционно-строительных проектов. Проанализированы основные факторы, влияющие на эффективность логистических процессов в строительстве, включая организацию транспортных схем поставки, рациональное размещение складских зон, синхронизацию поставок с календарными графиками строительства и оптимизацию внутриплощадочного перемещения ресурсов. Особое внимание уделено применению цифровых технологий управления материально-техническим обеспечением, внедрению принципов Just-in-Time и интеграции логистических процессов в систему организационно-технологического проектирования. Установлено, что комплексная оптимизация логистики материально-технических ресурсов позволяет существенно сократить транспортные и складские издержки, повысить ритмичность выполнения строительно-монтажных работ, снизить объёмы непроизводственных простоев и обеспечить соблюдение нормативных сроков строительства. Методологической основой исследования послужили положения СП 48.13330.2019 в части требований к организации строительства и транспортных схем обеспечения строительных объектов материальными ресурсами, а также современные научные исследования в области строительной логистики.

Ключевые слова: строительное производство, строительная логистика, материально-технические ресурсы, логистика строительной площадки, материально-техническое обеспечение, транспортно-складская логистика, организация строительства, строительная площадка, эффективность строительства, оптимизация логистических процессов.

Современное строительное производство представляет собой сложную организационно-технологическую систему, эффективность функционирования которой в значительной степени определяется качеством управления материально-техническими ресурсами. В условиях роста стоимости строительных материалов, усложнения логистических цепочек, повышения требований к срокам реализации инвестиционно-строительных проектов и ужесточения конкурентной среды особую актуальность приобретает задача оптимизации логистики материально-технических ресурсов на строительной площадке. Рациональная организация материальных потоков позволяет обеспечить бесперебойность строительного производства, сократить непроизводственные потери, минимизировать простои рабочих и техники, снизить затраты на складирование и транспортировку, а также повысить общую экономическую эффективность строительного проекта.

Согласно положениям СП 48.13330.2019 «Организация строительства», обеспечение строительной площадки материально-техническими ресурсами должно осуществляться в соответствии с проектом организации строительства и проектом производства работ на основе рациональных транспортных схем, обеспечивающих своевременную доставку материалов, конструкций и оборудования в необходимом объёме и в требуемые сроки. Особое внимание нормативная документация уделяет оптимизации схем доставки ресурсов, минимизации перегрузочных операций и рациональной организации складского хозяйства на строительной площадке.

Материально-техническое обеспечение строительного производства представляет собой систему организационных, технологических и управленческих мероприятий, направленных на планирование, закупку, транспортировку, хранение, распределение и контроль использования строительных материалов, изделий, конструкций, оборудования, машин и механизмов. Эффективность данной системы напрямую влияет на ритмичность выполнения строительно-монтажных работ, уровень использования производственных мощностей и соблюдение календарных графиков строительства. По данным современных исследований в области строительной логистики, доля логистических затрат в общей стоимости строительного проекта может достигать 20–30 %, что подтверждает высокую значимость логистических процессов в структуре строительного производства.

Одной из ключевых проблем традиционной организации материально-технического обеспечения строительных площадок является несогласованность графиков поставки ресурсов с календарными графиками выполнения работ. Несвоевременная доставка материалов приводит к вынужденным простоям рабочих звеньев и строительной техники, тогда как преждевременное поступление ресурсов вызывает перегрузку складских зон, увеличение затрат на хранение и рост риска повреждения материалов. В связи с этим важнейшим направлением повышения эффективности строительного производства является синхронизация логистических потоков с календарным планированием строительно-монтажных работ.

Современные подходы к оптимизации логистики строительного производства базируются на принципах интегрированного управления материальными потоками, предусматривающих тесную координацию поставщиков, транспортных организаций, складского хозяйства и производственных подразделений подрядной организации. В рамках данного подхода материально-техническое обеспечение рассматривается как единая логистическая система, функционирующая на основе непрерывного обмена информацией между всеми участниками строительного процесса. Такой подход обеспечивает переход от реактивного управления поставками к проактивному планированию ресурсного обеспечения строительного производства.

Одним из важнейших инструментов оптимизации логистики материально-технических ресурсов является совершенствование транспортных схем доставки строительных материалов на объект. СП 48.13330.2019 устанавливает необходимость разработки транспортных схем поставки материалов в составе проекта организации строительства на основании технико-экономического сравнения альтернативных вариантов доставки. Рационализация транспортных схем позволяет минимизировать транспортные расходы, сократить время доставки ресурсов и снизить уровень внутриплощадочных перегрузок.

Существенным резервом повышения эффективности строительного производства является внедрение принципов «точно в срок» (Just-in-Time) в систему снабжения строительной площадки. Данная концепция предусматривает доставку материально-технических ресурсов непосредственно к моменту их использования в производственном процессе, что позволяет существенно сократить объёмы складских запасов, уменьшить потребность в складских площадях и снизить потери от порчи и повреждения материалов. Особенно эффективно применение данного подхода в условиях стеснённой городской застройки, где возможности размещения складских зон ограничены. Вместе с тем реализация принципов Just-in-Time требует высокой надёжности поставщиков, точного календарного планирования и эффективной цифровой координации поставок.

Не менее важным направлением оптимизации является рациональная организация складского хозяйства на строительной площадке. Нормативные требования СП 48.13330.2019 предусматривают размещение временных складов и площадок хранения материалов с учётом технологической последовательности производства работ, транспортных потоков, пожарной безопасности и условий сохранности материалов. Рациональное размещение складских зон позволяет сократить внутриплощадочные транспортные перемещения, снизить трудоёмкость разгрузочно-погрузочных операций и повысить скорость подачи материалов к рабочим местам.

Особое значение в современных условиях приобретает цифровизация логистических процессов строительного производства. Внедрение BIM-технологий, ERP-систем, цифровых платформ управления снабжением и автоматизированных систем учёта материальных ресурсов позволяет обеспечить прозрачность логистических операций, оперативный контроль движения ресурсов и прогнозирование потребности в материалах на основе календарных графиков строительства. Интеграция информационного моделирования с логистическими системами позволяет формировать цифровые модели ресурсного обеспечения строительства, в которых каждый элемент строительной модели связан с конкретными материально-техническими ресурсами, сроками поставки и логистическими маршрутами.

Дополнительным фактором повышения эффективности является оптимизация внутриплощадочной логистики. Внутриплощадочное перемещение материалов и конструкций составляет значительную долю трудозатрат в строительном производстве и оказывает существенное влияние на производительность рабочих процессов. Рациональная организация маршрутов движения транспортных средств, применение временных подъездных дорог, специализированных площадок разгрузки, промежуточных накопительных зон и механизированных средств подачи материалов позволяет значительно сократить время внутриплощадочного перемещения ресурсов и повысить ритмичность производства работ.

Значительный потенциал повышения эффективности связан с централизацией снабжения строительных объектов. Использование распределительных логистических центров, обслуживающих несколько строительных площадок подрядной организации, позволяет оптимизировать закупочную деятельность, консолидировать поставки, уменьшить транспортные расходы и повысить уровень контроля за движением ресурсов. Централизованное управление логистикой особенно эффективно для крупных подрядных организаций, реализующих одновременно несколько инвестиционно-строительных проектов.

Особую роль в оптимизации логистики строительного производства играет совершенствование системы входного контроля и учёта материально-технических ресурсов. СП 48.13330.2019 требует обязательного проведения входного контроля материалов, изделий и оборудования, поступающих на строительную площадку, с проверкой качества, комплектности, наличия сертификатов соответствия и соблюдения условий хранения. Эффективная организация входного контроля позволяет предотвратить использование некачественных ресурсов, снизить риск дефектов строительства и избежать дополнительных затрат на устранение последствий применения некачественных материалов.

Следует отметить, что эффективность логистики материально-технических ресурсов зависит не только от организации поставок и хранения, но и от уровня координации между участниками строительного процесса. Несогласованность действий между заказчиком, генеральным подрядчиком, субподрядчиками, поставщиками и транспортными компаниями часто становится причиной нарушения сроков поставки, дублирования операций и организационных потерь. В этой связи важным направлением совершенствования строительной логистики является внедрение интегрированных систем управления проектами, обеспечивающих единую информационную среду для всех участников строительного процесса.

С экономической точки зрения оптимизация логистики материально-технических ресурсов должна базироваться на многокритериальном подходе, учитывающем транспортные затраты, затраты на хранение, потери от простоев, стоимость оборотного капитала, уровень надёжности поставок и риски нарушения сроков строительства. Выбор оптимальной логистической схемы должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения альтернативных вариантов организации поставок, складирования и внутриплощадочного распределения ресурсов.

Практика строительных организаций показывает, что комплексная оптимизация логистики материально-технических ресурсов позволяет добиться значительного повышения эффективности строительного производства. По данным исследований в области строительной логистики, рационализация логистических процессов обеспечивает сокращение времени внутриплощадочного перемещения материалов на 15–25 %, снижение объёма складских запасов на 20–30 %, уменьшение транспортных затрат на 10–15 % и общее сокращение сроков строительства до 8–12 %.

Перспективным направлением дальнейшего развития логистики строительного производства является внедрение технологий искусственного интеллекта, предиктивной аналитики и цифровых двойников строительных площадок. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет прогнозировать потребность в ресурсах, автоматически формировать графики поставок, оптимизировать транспортные маршруты и моделировать логистические сценарии с учётом внешних факторов. В сочетании с технологиями IoT и RFID-маркировки это формирует основу для построения полностью цифровых логистических систем строительного производства.

Повышение эффективности строительного производства за счёт оптимизации логистики материально-технических ресурсов на строительной площадке является одним из ключевых резервов роста производительности и конкурентоспособности строительных организаций. Комплексное совершенствование транспортных схем поставки, складского хозяйства, внутриплощадочной логистики, цифровизации процессов снабжения и интеграции участников строительного производства позволяет существенно сократить непроизводственные потери, повысить ритмичность выполнения работ и обеспечить соблюдение нормативных сроков строительства. Реализация современных логистических подходов в строительстве способствует переходу от фрагментарного управления материально-техническим обеспечением к системной интегрированной логистике строительного производства, ориентированной на максимизацию эффективности использования ресурсов и устойчивое развитие строительной отрасли.

Литература

1. СП 48.13330.2019. Организация строительства : актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. – Москва : Минстрой России, 2019. – 56 с.
2. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. – Москва : Минстрой России, 2017. – 24 с.
3. СП 246.1325800.2016. Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений. – Москва : Минстрой России, 2016. – 18 с.
4. СП 325.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила производства работ при демонтаже и утилизации. – Москва : Минстрой России, 2017. – 34 с.
5. Белова Д. С. Организация реконструкции жилых зданий в условиях стесненной городской застройки // Молодой ученый. – 2020. – № 23 (313). – С. 152–154.
6. Минаев Д. П. Проведение реновации жилых зданий в условиях стеснённой городской застройки // Строительство и архитектура. – 2025. – № 4. – С. 41–47.
7. Парфенова Л. М. Проектирование реконструкции зданий и сооружений : учебное пособие. – Минск : БНТУ, 2008. – 312 с.
8. Лапидус А. А., Топчий Д. В. Организационно-технологическое проектирование строительного производства. – Москва : АСВ, 2021. – 368 с.
9. Олейник П. П. Организация строительного производства : учебник для вузов. – Москва : АСВ, 2022. – 412 с.
10. Комаров Д. А. Технология реконструкции зданий в условиях стесненной городской застройки : магистерская диссертация. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 89 с.

Improving Construction Efficiency by Optimizing Logistics of Material and Technical Resources at the Construction Site

Berezkin I.D., Karachaeva N.D., Smirnov G.D., Zemskikh K.A., Bidov T.Kh.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines ways to improve construction efficiency by optimizing the logistics of materials and technical resources at construction sites. It explores modern approaches to organizing the logistics of construction processes in the face of increasing demands on the timing, cost, and quality of investment and construction projects. It analyzes the key factors influencing the efficiency of logistics processes in construction, including the organization of transport supply chains, the rational placement of warehouse areas, the synchronization of deliveries with construction schedules, and the optimization of on-site resource movement. Particular attention is paid to the use of digital logistics management technologies, the implementation of just-in-time principles, and the integration of logistics processes into the organizational and technological design system. It is established that comprehensive optimization of logistics of materials and technical resources significantly reduces transportation and warehousing costs, improves the rhythm of construction and installation work, reduces the volume of non-production downtime, and ensures compliance with standard construction deadlines. The methodological basis of the study was the provisions of SP 48.13330.2019 regarding requirements for the organization of construction and transport schemes for providing construction sites with material resources, as well as modern scientific research in the field of construction logistics.

Keywords: construction production, construction logistics, material and technical resources, construction site logistics, material and technical support, transport and warehouse logistics, construction organization, construction site, construction efficiency, optimization of logistics processes.

References

1. SP 48.13330.2019. Construction Organization: Updated Version of SNiP 12-01-2004. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2019, 56 p.
2. SP 301.1325800.2017. Information Modeling in Construction. Rules for Organizing Work by Production and Technical Departments. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017, 24 p.
3. SP 246.1325800.2016. Regulations on Author's Supervision of Construction of Buildings and Structures. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016, 18 p.
4. SP 325.1325800.2017. Buildings and Structures. Rules for the performance of work during dismantling and disposal. - Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017. - 34 p.
5. Belova D. S. Organization of reconstruction of residential buildings in conditions of cramped urban development // Young scientist. - 2020. - No. 23 (313). - Pp. 152-154.
6. Minaev D. P. Renovation of residential buildings in conditions of cramped urban development // Construction and architecture. - 2025. - No. 4. - Pp. 41-47.
7. Parfenova L. M. Design of reconstruction of buildings and structures: a tutorial. - Minsk: BNTU, 2008. - 312 p.
8. Lapidus A. A., Topchiy D. V. Organizational and technological design of construction production. – Moscow : ASV, 2021. – 368 p.
9. Oleynik P. P. Organization of construction production : a textbook for universities. – Moscow : ASV, 2022. – 412 p.
10. Komarov D. A. Technology of reconstruction of buildings in conditions of cramped urban development : master's thesis. – Tolyatti : TSU, 2018. – 89 p.

Организационно-технологические методы повышения энергоэффективности капитального ремонта многоквартирных жилых зданий

Березкин Иван Дмитриевич
студент, НИУ МГСУ, ivan.berezkin.2004@mail.ru,

Карачаева Нелли Даниловна
студент, НИУ МГСУ, nelka0417@mail.ru,

Смирнов Георгий Дмитриевич
студент, НИУ МГСУ, smirnovgeorgij0@gmail.com,

Земских Ксения Андреевна
студент, НИУ МГСУ, Kzemskih@yandex.ru,

Бидов Тембот Хасанбиевич
кандидат технических наук, доцент, НИУ МГСУ, BidovTB@mgsu.ru

В статье рассматриваются организационно-технологические методы повышения энергоэффективности капитального ремонта многоквартирных жилых зданий в условиях модернизации существующего жилищного фонда. Проанализированы современные подходы к реализации энергосберегающих мероприятий в составе капитального ремонта, направленных на снижение удельного потребления тепловой энергии, повышение эксплуатационной надёжности зданий и приведение технических характеристик объектов в соответствие с действующими нормативными требованиями. Особое внимание уделено вопросам организационно-технологической подготовки энергоэффективного капитального ремонта, включая проведение энергетического обследования зданий, выбор рациональной последовательности выполнения ремонтно-строительных работ, модернизацию теплозащитной оболочки, внедрение автоматизированных систем регулирования инженерных сетей и применение цифровых технологий проектирования и управления. Установлено, что комплексное применение организационно-технологических методов позволяет обеспечить снижение энергопотребления многоквартирных домов, повышение качества капитального ремонта и сокращение эксплуатационных расходов в течение жизненного цикла объекта. Методологическую основу исследования составили положения нормативно-технической документации в области тепловой защиты зданий и организации строительства, а также современные научные исследования по энергоэффективному капитальному ремонту жилищного фонда.

Ключевые слова: капитальный ремонт, энергоэффективность зданий, многоквартирные жилые дома, энергосбережение, организационно-технологические решения, тепловая защита зданий, модернизация инженерных систем, энергоэффективный капитальный ремонт, организация строительного производства, повышение энергетической эффективности.

Современный жилищный фонд Российской Федерации характеризуется значительной долей многоквартирных жилых зданий, возведённых в период массового индустриального строительства второй половины XX века, значительная часть которых не соответствует актуальным требованиям по энергоэффективности, тепловой защите и эксплуатационной надёжности. Высокий уровень физического и морального износа ограждающих конструкций, инженерных систем и оборудования данных зданий обуславливает необходимость проведения капитального ремонта с одновременной реализацией мероприятий, направленных на снижение удельного потребления энергетических ресурсов. В современных условиях капитальный ремонт многоквартирных жилых зданий должен рассматриваться не только как комплекс восстановительных мероприятий, обеспечивающих продление срока службы строительных конструкций и инженерных систем, но и как инструмент модернизации жилищного фонда с повышением его энергетической эффективности. Данный подход соответствует положениям федеральной политики в области энергосбережения и устойчивого развития строительной отрасли.

Согласно СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий», при реконструкции и капитальном ремонте зданий должны обеспечиваться нормативные показатели теплотехнической однородности и сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, а также соблюдение требований по удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. Реализация данных требований при капитальном ремонте существующего жилого фонда требует применения комплекса организационно-технологических методов, обеспечивающих эффективное совмещение строительных, энергетических и эксплуатационных задач.

Одним из ключевых направлений повышения энергоэффективности капитального ремонта является совершенствование организационно-технологической подготовки работ. На стадии предпроектного обследования объекта особое значение приобретает проведение энергетического обследования здания, включающего тепловизионную диагностику ограждающих конструкций, анализ фактического состояния инженерных систем, определение зон теплопотерь и оценку энергетического класса здания. Результаты энергетического обследования позволяют сформировать обоснованный перечень мероприятий по повышению энергоэффективности и определить их приоритетность с учётом технико-экономической эффективности. Современные исследования подтверждают, что предварительное энергетическое обследование позволяет повысить точность проектных решений и сократить объём избыточных затрат на мероприятия капитального ремонта.

Наиболее значимым организационно-технологическим мероприятием повышения энергоэффективности капитального ремонта является модернизация теплозащитной оболочки здания. Практика эксплуатации многоквартирных домов показывает, что до 40 % теплопотерь приходится на наружные стены, покрытия и чердачные перекрытия, ещё до 20–25 % — на оконные и дверные заполнения. В этой связи одним из приоритетных направлений капитального ремонта выступает утепление наружных ограждающих конструкций с доведением их теплотехнических характеристик до нормативных значений. Наиболее эффективными организационно-технологическими решениями в данной области являются устройство навесных фасадных систем с воздушным зазором, применение штукатурных фасадных теплоизоляционных систем, утепление чердачных перекрытий минераловатными плитами и модернизация светопрозрачных конструкций с заменой оконных блоков на энергоэффективные стеклопакеты. Выбор конкретной технологии определяется конструктивной схемой здания, климатическими условиями региона, техническим состоянием фасадов и экономической целесообразностью.

Организационно-технологическая эффективность фасадного утепления во многом зависит от рациональной организации строительного процесса. В условиях эксплуатации многоквартирных домов особое значение приобретает выполнение работ без отселения жильцов, что требует разработки поэтапных схем производства работ, применения безопасных средств подмащивания, организации временной защиты оконных и дверных проёмов, а также минимизации шумового и пылевого воздействия. Использование фасадных подъёмников, модульных лесов и мобильных платформ позволяет повысить производительность работ и сократить сроки реализации проектов утепления.

Не менее важным направлением повышения энергоэффективности капитального ремонта является модернизация систем отопления и горячего водоснабжения. Согласно современным методическим рекомендациям по энергоэффективному капитальному ремонту многоквартирных домов, одним из наиболее результативных мероприятий является установка автоматизированных узлов управления и регулирования тепловой энергии, обеспечивающих погодозависимое регулирование параметров теплоносителя. Применение данных систем позволяет снизить теплопотребление здания на 10–20 % за счёт адаптации режима отопления к фактическим климатическим условиям и исключения перегрева помещений.

Существенный эффект достигается также при замене внутридомовых инженерных сетей на современные трубопроводные системы с улучшенными гидравлическими характеристиками и теплоизоляцией. Организационно-технологически данные работы требуют тщательной координации с графиком проживания жильцов, поскольку связаны с временным ограничением функционирования инженерных коммуникаций. Эффективным решением является поэтапная замена инженерных сетей с разбивкой здания на технологические зоны и выполнением работ в периоды минимальной нагрузки на инженерные системы.

Важнейшим резервом повышения энергоэффективности капитального ремонта является модернизация систем вентиляции. Во многих существующих многоквартирных домах эксплуатация естественной вентиляции сопровождается значительными теплопотерями вследствие отсутствия регулирования воздухообмена. Применение энергоэффективных вентиляционных клапанов, систем рекуперации воздуха и регулируемых вытяжных устройств позволяет сократить тепловые потери и повысить качество микроклимата помещений. Однако внедрение данных решений требует комплексной организационно-технологической проработки в составе проектной документации капитального ремонта.

Особое значение в современных условиях приобретает внедрение цифровых технологий при организации энергоэффективного капитального ремонта. Использование BIM-технологий позволяет формировать цифровые информационные модели существующих зданий, включающие сведения о конструктивных элементах, инженерных системах, теплотехнических характеристиках и фактическом техническом состоянии объекта. Интеграция BIM-моделей с энергетическими расчётами обеспечивает возможность моделирования различных сценариев модернизации здания и выбора оптимального комплекса мероприятий по критерию «затраты–эффект». Данный подход существенно повышает качество организационно-технологического проектирования капитального ремонта.

Значительным организационно-технологическим резервом является индустриализация процессов капитального ремонта. Применение сборных фасадных модулей, предизолированных трубопроводных систем, укрупнённых инженерных блоков и заводской подготовки элементов позволяет сократить продолжительность монтажных работ, снизить трудоёмкость строительных процессов и уменьшить влияние человеческого фактора на качество выполнения работ. Особенно эффективен данный подход при реализации массовых программ капитального ремонта многоквартирных домов.

Существенное влияние на энергетическую эффективность капитального ремонта оказывает качество организационно-технологического контроля. Отсутствие надлежащего контроля за соблюдением проектных решений, качеством монтажа теплоизоляционных систем, герметичностью примыканий и фактическими характеристиками применяемых материалов может привести к значительному снижению ожидаемого энергосберегающего эффекта. В этой связи обязательным элементом организационно-технологического обеспечения капитального ремонта должно выступать проведение инструментального контроля качества выполненных работ, включая тепловизионное обследование, испытания герметичности оболочки здания и проверку параметров инженерных систем после завершения ремонта.

Особое внимание следует уделять экономической оценке энергоэффективных мероприятий в составе капитального ремонта. Выбор организационно-технологических решений должен базироваться на принципах жизненного цикла объекта и учитывать не только первоначальные капитальные затраты, но и эксплуатационную экономию, достигаемую за счёт снижения энергопотребления. Современные исследования показывают, что комплексная модернизация теплозащитной оболочки и инженерных систем многоквартирного дома позволяет сократить совокупное энергопотребление на 25–45 %, а срок окупаемости энергоэффективных мероприятий в большинстве случаев составляет от 7 до 15 лет.

Организационно-технологическая эффективность капитального ремонта во многом определяется правильностью выбора последовательности выполнения работ. Рациональная технологическая схема предполагает первоначальное выполнение мероприятий по модернизации ограждающих конструкций и герметизации оболочки здания с последующей настройкой и балансировкой инженерных систем. Нарушение данной последовательности может привести к снижению эффективности отопительных систем и некорректной работе автоматизированного оборудования. Таким образом, календарное и технологическое планирование энергоэффективного капитального ремонта должно учитывать взаимосвязь между отдельными мероприятиями модернизации.

Дополнительным резервом повышения энергоэффективности является применение интеллектуальных систем диспетчеризации и мониторинга энергопотребления здания. Установка приборов учёта, автоматизированных систем контроля параметров теплоносителя, датчиков температуры и цифровых платформ анализа энергопотребления позволяет обеспечить последующую эксплуатационную оптимизацию работы инженерных систем и поддержание достигнутого уровня энергоэффективности в течение всего межремонтного периода.

Организационно-технологические методы повышения энергоэффективности капитального ремонта многоквартирных жилых зданий представляют собой комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленных на модернизацию теплозащитной оболочки, инженерных систем и процессов управления энергопотреблением здания при одновременной оптимизации строительного производства. Наиболее эффективными направлениями являются предварительное энергетическое обследование, внедрение современных теплоизоляционных систем, автоматизация регулирования инженерных сетей, цифровизация организационно-технологического проектирования, индустриализация ремонтных процессов и усиление контроля качества выполненных работ. Реализация данных мероприятий позволяет существенно снизить энергопотребление многоквартирных домов, повысить комфорт проживания, сократить эксплуатационные расходы и обеспечить соответствие существующего жилищного фонда современным требованиям энергоэффективности.

Перспективы дальнейшего развития организационно-технологических методов энергоэффективного капитального ремонта связаны с внедрением технологий цифровых двойников зданий, интеллектуального управления эксплуатацией инженерных систем, автоматизированного прогнозирования деградации строительных конструкций и интеграции капитального ремонта в концепцию жизненного цикла объекта недвижимости. Это позволит перейти от традиционного восстановительного подхода к капитальному ремонту к модели комплексной модернизации жилого фонда на основе принципов устойчивого развития и ресурсосбережения.

Литература

1. СП 48.13330.2019. Организация строительства : актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. – Москва : Минстрой России, 2019. – 56 с.
2. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. – Москва : Минстрой России, 2017. – 24 с.
3. СП 246.1325800.2016. Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений. – Москва : Минстрой России, 2016. – 18 с.
4. СП 325.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила производства работ при демонтаже и утилизации. – Москва : Минстрой России, 2017. – 34 с.
5. Белова Д. С. Организация реконструкции жилых зданий в условиях стесненной городской застройки // Молодой ученый. – 2020. – № 23 (313). – С. 152–154.
6. Минаев Д. П. Проведение реновации жилых зданий в условиях стеснённой городской застройки // Строительство и архитектура. – 2025. – № 4. – С. 41–47.
7. Парфенова Л. М. Проектирование реконструкции зданий и сооружений : учебное пособие. – Минск : БНТУ, 2008. – 312 с.
8. Лапидус А. А., Топчий Д. В. Организационно-технологическое проектирование строительного производства. – Москва : АСВ, 2021. – 368 с.
9. Олейник П. П. Организация строительного производства : учебник для вузов. – Москва : АСВ, 2022. – 412 с.
10. Комаров Д. А. Технология реконструкции зданий в условиях стесненной городской застройки : магистерская диссертация. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 89 с.

Organizational and technological methods for improving the energy efficiency of major repairs of multi-apartment residential buildings

Berezkin I.D., Karachaeva N.D., Smirnov G.D., Zemskikh K.A., Bidov T.Kh.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines organizational and technological methods for improving the energy efficiency of major repairs of multi-apartment residential buildings during the modernization of the existing housing stock. It analyzes modern approaches to implementing energy-saving measures as part of major repairs, aimed at reducing specific heat consumption, increasing the operational reliability of buildings, and bringing the technical characteristics of facilities into compliance with current regulatory requirements. Particular attention is paid to the organizational and technological preparation for energy-efficient major repairs, including conducting energy audits of buildings, selecting a rational sequence for repair and construction work, modernizing the thermal shell, implementing automated control systems for utility networks, and applying digital design and management technologies. It is established that the integrated application of organizational and technological methods allows for a reduction in energy consumption in multi-apartment buildings, improving the quality of major repairs, and reducing operating costs throughout the life cycle of the facility. The methodological basis of the study was based on regulatory and technical documentation on thermal protection of buildings and construction management, as well as current scientific research on energy-efficient capital repairs of housing stock.
Keywords: capital repairs, building energy efficiency, multi-apartment residential buildings, energy conservation, organizational and technological solutions, thermal protection of buildings, modernization of engineering systems, energy-efficient capital repairs, construction management, improving energy efficiency.

References

1. SP 48.13330.2019. Construction Organization: Updated Version of SNiP 12-01-2004. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2019, 56 p.
2. SP 301.1325800.2017. Information Modeling in Construction. Rules for Organizing Work by Production and Technical Departments. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017, 24 p.
3. SP 246.1325800.2016. Regulations on Author's Supervision of Construction of Buildings and Structures. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016, 18 p.
4. SP 325.1325800.2017. Buildings and Structures. Rules for the performance of work during dismantling and disposal. - Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017. - 34 p.
5. Belova D. S. Organization of reconstruction of residential buildings in conditions of cramped urban development // Young scientist. - 2020. - No. 23 (313). - Pp. 152-154.
6. Minaev D. P. Renovation of residential buildings in conditions of cramped urban development // Construction and architecture. - 2025. - No. 4. - Pp. 41-47.
7. Parfenova L. M. Design of reconstruction of buildings and structures: a tutorial. - Minsk: BNTU, 2008. - 312 p.
8. Lapidus A. A., Topchiy D. V. Organizational and technological design of construction production. – Moscow : ASV, 2021. – 368 p.
9. Oleynik P. P. Organization of construction production : a textbook for universities. – Moscow : ASV, 2022. – 412 p.
10. Komarov D. A. Technology of reconstruction of buildings in conditions of cramped urban development : master's thesis. – Tolyatti : TSU, 2018. – 89 p.

Анализ технологических нарушений при устройстве кабельных линий 0,4–10 кВ в условиях плотной городской застройки

Гарипова Карина Маратовна
магистрант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, garipova.karina3@yandex.ru

Рассмотрены основные типы технологических нарушений при устройстве кабельных линий электроснабжения напряжением 0,4–10кВ в условиях плотной городской застройки с акцентом на московскую специфику: нарушения земляных работ, дефекты прокладки кабеля и монтажа арматуры, ошибки на пересечениях с инженерными коммуникациями, а также организационные нарушения (несогласованность, недостаточный строительный контроль, неполнота исполнительной документации). Выполнена систематизация причин и последствий, приведены подтверждаемые открытыми источниками примеры и косвенные показатели масштаба (интенсивность ордеров на земляные работы, признаки роста аварийно-восстановительных работ и недоотпуска электроэнергии). На основе результатов научных исследований и анализа практики строительства кабельных линий в условиях плотной городской застройки предложены технологические и организационные меры снижения нарушений, включая применение бестраншейных методов (ГНБ), использование коммуникационных коллекторов и кабельной канализации, усиление геодезического контроля, а также внедрение цифровых моделей (BIM/ГИС подземных коммуникаций) в систему проектирования, производства работ и строительного контроля.

Ключевые слова: кабельные линии 0,4–10кВ, технологические нарушения, земляные работы, плотная городская застройка, пересечения коммуникаций, ордер ОАТИ, строительный контроль, исполнительная геодезическая съемка, ГНБ, коммуникационные коллекторы.

Высокая насыщенность подземного пространства коммуникациями в крупном городе приводит к тому, что устройство кабельных линий 0,4–10кВ становится междисциплинарным процессом на стыке электромонтажа, земляных работ, геодезии, дорожного благоустройства и регуляторных процедур. Для Москва характерны одновременно большая протяженность и плотность инженерной инфраструктуры и высокая «частота вмешательств» в нее: на уровне городской программы развития указывается совокупный масштаб электросетевого хозяйства (сотни тысяч километров сетей по цепям и десятки тысяч подстанций/РП/ТП), а также значимая роль отдельных владельцев/операторов сетей. Параллельно город развивает туннельную инфраструктуру: протяженность коммуникационных коллекторов исчисляется сотнями километров, причем указывается и объем их строительства/реконструкции, и привязка к размещенным внутри силовым кабелям, что прямо отражает стратегию «ухода от траншей» в наиболее насыщенных зонах.

Под технологическими нарушениями в контексте настоящей работы понимаются отступления от обязательных требований и утвержденных проектно-технологических решений, допускаемые при подготовке и выполнении земляных и электромонтажных работ, которые повышают вероятность повреждения действующих сетей, формируют скрытые дефекты новой КЛ и/или ухудшают показатели надежности электроснабжения. Исследования в области строительства и эксплуатации кабельных линий показывают, что надежность подземных электрических сетей в значительной степени определяется соблюдением технологических требований к глубине заложения, условиям пересечения и сближения с другими инженерными коммуникациями, а также качеством выполнения монтажных и контрольных операций. В современных научных публикациях особое внимание уделяется вопросам прокладки кабелей с пластмассовой изоляцией в траншеях, трубах и кабельной канализации, контролю состояния изоляции и оболочек, а также организации приемосдаточных испытаний и строительного контроля. Исследователи подчеркивают, что несоблюдение требований к пространственному размещению кабельных линий и недостаточный контроль на этапе строительства существенно повышают вероятность скрытых дефектов, аварийных повреждений и последующих эксплуатационных отказов.

Группа нарушений, которая статистически чаще всего приводит к «быстрым» инцидентам и аварийным отключениям, относится к земляным работам вблизи действующих коммуникаций. Московские правила производства земляных работ задают здесь предельно конкретные ограничения: проведение работ в непосредственной близости от существующих сетей предписывается вести по требованиям нормативов эксплуатационных организаций; применение землеройных механизмов и ударного инструмента вблизи действующих подземных коммуникаций запрещается; при вскрытии сети она должна быть защищена и при необходимости подвешена; при обнаружении несоответствия фактического положения коммуникаций проекту работы подлежат приостановке с вызовом представителей проектной и эксплуатационных организаций; до засыпки траншеи заказчик и исполнитель обязаны обеспечить контрольно-геодезическую съемку, причем для прокладки методом ГНБ вызов на контрольную съемку должен быть оформлен на дату контрольной протяжки зонда. Практический смысл этих требований — перевести риск «неизвестности подземного пространства» в управляемый режим за счет раннего выявления расхождений и документирования фактического положения новой коммуникации как «скрытой работы», иначе локальная ошибка планово-высотного положения становится источником будущих повреждений при следующих разрытиях.

Вторая крупная группа нарушений связана с дефектами при прокладке кабеля и монтаже кабельной арматуры, которые нередко приводят к формированию скрытых повреждений и преждевременных отказов, в том числе в первые годы эксплуатации. Исследования в области эксплуатации кабельных линий показывают, что значительная часть подобных дефектов обусловлена нарушением технологии монтажа соединительных и концевых муфт, превышением допустимых механических воздействий при протяжке кабеля, а также недостаточным контролем качества на промежуточных этапах работ. Особое значение при этом приобретают операционный контроль монтажа, проверка состояния изоляции и оболочек кабеля, а также оформление исполнительной и приемосдаточной документации, позволяющей своевременно выявлять скрытые дефекты и снижать вероятность аварийных отказов в процессе эксплуатации. В терминах технологических нарушений это означает, что

любое пренебрежение «контуром контроля и документации» (неоформленные скрытые работы, пропущенные испытания оболочек/изоляции, отсутствие журнала прокладки кабеля, неподтвержденная геодезия трассы) само по себе является нарушением, даже если визуально кабель уложен корректно: такие отклонения резко ухудшают выявляемость дефектов на ранней стадии и повышают стоимость устранения при последующем отказе.

Особое место занимают нарушения в узлах пересечений и сближений с другими коммуникациями: именно здесь возникает комбинация стесненности, необходимости выдерживать нормативные расстояния и высокой цены ошибки. Исследования, посвященные строительству и эксплуатации кабельных линий в условиях плотной городской застройки, показывают, что наиболее высокий риск повреждений возникает в узлах пересечений и сближений с другими инженерными коммуникациями. К числу основных факторов риска относятся недостаточная глубина заложения кабеля, несоблюдение нормативных расстояний между коммуникациями, а также отсутствие защитных конструкций в стесненных условиях. В научных работах подчеркивается, что при пересечении транспортной инфраструктуры и инженерных сетей целесообразно применение защитных труб, кабельных блоков, коллекторов и других разделяющих конструкций, обеспечивающих снижение механических воздействий и повышение ремонтопригодности системы.

Отдельное внимание исследователи уделяют использованию закрытых и бестраншейных способов строительства при прокладке кабельных линий в городской среде. Такой подход позволяет сократить объемы разрытий, уменьшить вероятность повреждения существующих коммуникаций и снизить транспортные и эксплуатационные риски. В работах по организации городского подземного пространства также отмечается, что вынос инженерных сетей из зоны интенсивного транспортного движения и развитие коммуникационных коллекторов являются эффективными мерами предотвращения конфликтов пересечений и повышения надежности электроснабжения.Организационные нарушения образуют самостоятельный класс причин, поскольку в плотной застройке именно организация работ определяет, будут ли «включены» защитные механизмы норм и контроля. В московской модели регулирования земляных работ ключевым институтом выступает ордерная система: в материалах оценки регулирующего воздействия фиксируется порядок оказания услуг оформления/закрытия ордеров и приводится показатель закрытых ордеров на уровне 83 115 в год (используемый в расчетах), а также отмечается наличие 7 226 ордеров с истекшим сроком проведения работ, что иллюстрирует масштабы административного и производственного потока и сопутствующие риски разрыва «план-факт» по срокам и восстановлению благоустройства. На практике несогласованность работ с сетевой организацией и нарушение режима охранных зон — один из наиболее «типовых» триггеров повреждений: в официальной публикации ПАО «Россети Московский регион» описан случай повреждения кабеля 10кВ экскаватором в Москве при несогласованных земляных работах; при этом даже при сохранении электроснабжения по резерву фиксируется ухудшение схемы питания части потребителей и необходимость оперативного ремонта. Нормативно такой риск подпитывается тем, что в охранных зонах объектов электросетевого хозяйства устанавливаются особые условия использования земель; сами охранные зоны устанавливаются для всех объектов электросетевого хозяйства.

Для условий Москвы существенное значение имеет также фактор культурного наследия и археологических ограничений, оказывающий влияние на организацию и технологию выполнения земляных работ в районах исторической застройки. Исследования, посвящённые развитию подземной инженерной инфраструктуры в крупных исторических городах, показывают, что наличие объектов археологического наследия существенно усложняет календарное планирование и требует дополнительного сопровождения строительных процессов. В научных публикациях отмечается, что проведение археологических наблюдений и оперативная фиксация выявленных объектов позволяют снизить риск вынужденных остановок строительства, конфликтов с надзорными органами и нарушения сроков реализации проектов. Одновременно подчеркивается, что отсутствие предварительного учета археологических факторов при подготовке производства работ приводит к росту организационных рисков и снижению эффективности строительства инженерных коммуникаций в условиях плотной городской застройки. Следовательно, попытка «обойти» археологическое сопровождение или не заложить его в ППР трансформируется в технологическое нарушение организационного типа, способное привести к остановке работ, конфликтам с надзорными органами и росту аварийности из-за форсирования темпов после вынужденных пауз.

Отдельной линией последствий выступает экономический эффект технологических нарушений, который в Москве усиливается стоимостью благоустройства и ограничениями транспортной доступности. В открыто опубликованной информации по закупочным документам филиала ПАО «Россети Московский регион» - Московские кабельные сети зафиксировано управленческое обоснование заключения дополнительного соглашения: «в связи с ростом повреждений кабельных линий 0,4–35кВ и увеличением количества аварийно-восстановительных работ на 5,4%…» возникает потребность в дополнительных работах по благоустройству мест разрытий после аварийных ремонтов в 2023–2024 гг., с прямой отсылкой к городским правилам производства земляных работ. В качестве косвенного индикатора «нагрузки отказов» для Москвы в материалах Россетей также публикуются данные о недоотпуске электроэнергии по сети 0,4–220кВ с раздельным представлением по филиалам, где выделяются «Московские кабельные сети» и суммарное значение «ИТОГО по Москве». Хотя этот показатель не раскрывает исключительно «строительные» причины, он фиксирует суммарную энергетическую цену перерывов и позволяет обосновывать приоритетность профилактики повреждений КЛ в городской среде.

Ниже приведена укрупненная сравнительная таблица основных технологических нарушений при строительстве кабельных линий 0,4–10 кВ в условиях плотной городской застройки с привязкой к причинам возникновения, последствиям и ключевым точкам контроля. Классификация нарушений сформирована на основе анализа научных публикаций, посвящённых вопросам строительства и эксплуатации кабельных линий, организации земляных работ, обеспечению надежности городских инженерных сетей и совершенствованию строительного контроля в стеснённых условиях городской среды.

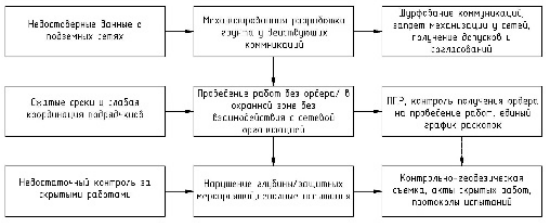
Таблица 1

Типовые технологические нарушения при строительстве КЛ, причины, последствия и методы контроля

Тип технологического нарушения	Типовые причины	Типовые последствия	Наиболее эффективные меры контроля/предотвращения
Земляные работы без согласований/в охранной зоне без взаимодействия с владельцем сетей	Давление сроков; неполный пакет разрешительной документации; слабая координация подрядчиков	Повреждение действующих коммуникаций, аварийные отключения/ослабление схемы питания, риск травматизма и пожара	Ордерная процедура и допуск; контроль охранных зон; обязательное согласование работ в зоне сетей и фиксирование трассы до начала механизации
Механизированная разработка грунта вблизи действующих коммуникаций	Непроведенное шурфование; отсутствие наблюдения представителей эксплуатационных организаций	Прямое повреждение кабеля ковшом/буром; скрытые надрезы оболочки → отложенные отказы	Запрет ударного инструмента и механизмов у коммуникаций; переход на ручную разработку в зоне риска; защитные короба/подвеска вскрытых сетей
Нарушение глубины заложения/защитного слоя и требований к пересечениям	Некорректная разбивка; «экономия» глубины; отсутствие контроля по скрытым работам	Рост вероятности внешних повреждений при следующих разрытиях; несоответствие требованиям безопасности	Привязка глубины; контрольно-геодезическая съемка до засыпки; оформление актов скрытых работ
Повреждение кабеля при протяжке/укладке (радиусы изгиба, натяжение, обращение с барабанами)	Недостаток механизмов и оснастки; ошибки персонала; игнорирование технологических карт	Микроповреждения изоляции/экрана; преждевременные пробои; повторные разрытия для ремонта	Операционный контроль; контроль радиусов изгиба; входной контроль материалов и арматуры
Неполнота исполнительной документации и приемо-сдаточных испытаний	Формальный подход к строительному контролю; несогласованность участников; дефицит времени	Снижение выявляемости дефектов; трудности локализации повреждений; рост времени аварийного восстановления	Протоколы испытаний изоляции/оболочек; журналы работ; промежуточная приемка скрытых работ; цифровая фиксация трассы и изменений

Набор типовых причинно-следственных цепочек удобно представлять в виде «причина → нарушение → последствие → мера», что помогает формировать целевые мероприятия в ППР и в программе строительного контроля. Ниже приведена компактная схема наиболее характерных сценариев возникновения технологических нарушений при строительстве кабельных линий 0,4–10 кВ в условиях плотной городской застройки, сформированная на основе анализа научных исследований в области строительства инженерных коммуникаций, эксплуатации кабельных сетей и организации строительного контроля в стеснённых городских условиях.

Схема нарушений при устройстве КЛ в условиях плотной городской застройки



Выбор комплексных мер снижения нарушений в Москве целесообразно группировать на технологические и организационные. В технологическом блоке ключевой принцип — уменьшение доли открытых траншей в наиболее насыщенных и социально чувствительных местах, а также стандартизация решений на пересечениях. Город последовательно развивает коллекторное хозяйство и модернизацию коммуникационных коллекторов; в официальных сообщениях указывается план обновления более 36 км коллекторов в 2026 году, что следует рассматривать как инфраструктурную «платформу» для снижения конфликтов пересечений и повторяемости разрытий при ремонтах. При этом городские правила прямо регламентируют качество обратной засыпки (запрет на грунт со строительным мусором на проезжей части и тротуарах), сроки аварийных разрытий и ответственность за просадки (включая повышенный срок ответственности по закрытым способам), что задает экономическую мотивацию выбирать решения, минимизирующие риск просадок и повторного вскрытия покрытий.

Бестраншейные методы, прежде всего горизонтально-направленное бурение (ГНБ), в плотной застройке целесообразны как «антиконфликтная» технология на пересечениях магистралей и в местах высокой насыщенности сетями. Научные публикации по ГНБ в городских условиях подчеркивают, что технология снижает необходимость вскрытия поверхности и повышает управляемость работ при ограничениях пространства. Однако специфика Москвы предъявляет к ГНБ дополнительные требования контроля: контрольно-геодезическая съемка должна быть вызвана на дату контрольной протяжки зонда, то есть контроль встраивается не «после факта», а в ключевую точку технологического процесса. Это следует трактовать как нормативно закрепленную «точку предотвращения» одного из наиболее опасных нарушений — отклонения фактической траектории бурения и пересечения с действующими сетями.

Организационный блок мер должен быть ориентирован на управление стесненностью: интеграцию ППР (включая технологические карты на земляные работы у действующих коммуникаций и на монтаж кабеля), усиление строительного контроля и цифровизацию данных о подземных коммуникациях. Современные исследования в области строительства и эксплуатации кабельных линий подчеркивают, что операционный контроль подготовительных и монтажных работ должен рассматриваться как непрерывный элемент технологического процесса, а исполнительная документация и результаты испытаний — как инструмент допуска к последующим операциям, включая засыпку траншей, закрытие кабельных каналов и ввод объекта в эксплуатацию. Такой подход позволяет своевременно выявлять скрытые дефекты, снижать вероятность аварийных отказов и повышать общую надежность кабельной инфраструктуры в условиях плотной городской застройки. Для Москвы дополнительно критичны процедуры при выявлении расхождений фактического положения сетей с проектом: городские правила требуют остановки и вызова представителей заинтересованных организаций и уполномоченной геодезической организации; это означает, что в ППР необходимо заранее планировать сценарии «обнаружения неучтенных сетей» и управлять ими через календарно-сетевые графики и резервы времени.

Цифровые методы (BIM/ГИС подземных коммуникаций) рационально рассматривать как организационно-технологическую меру только при условии строгой связки с геодезией и исполнительной документацией. В актуализированном СП по информационному моделированию (редакция 2020 года) вводится нормативная рамка формирования информационной модели на стадиях жизненного цикла, включая строительство; хотя практическая применимость к линейным объектам требует корректной постановки задачи, подход «единая цифровая модель + обязательная актуализация по исполнительной съемке» позволяет снизить системную причину нарушений — несоответствие проектных данных реальности. Приоритетными организационными инструментами для Москвы являются также раннее межведомственное согласование конфликтов с владельцами коммуникаций, привязка допусков к фактическому выполнению контрольных процедур (акты скрытых работ, протоколы испытаний), а в исторических и археологически чувствительных зонах — включение требований археологического сопровождения в базовый календарь производства земляных работ.

Следует отдельно отметить ограниченность публичных данных именно по «строительным» технологическим нарушениям КЛ 0,4–10кВ в границах Москвы как статистически выделяемой категории: в открытых источниках чаще публикуются либо результаты контрольно-надзорной деятельности в целом, либо отдельные сообщения об инцидентах и косвенные показатели (объемы ордеров, затраты на благоустройство, индикаторы недоотпуска и аварийно-восстановительных работ). Поэтому практико-ориентированный анализ в дипломных и ВАК-публикациях целесообразно строить как сочетание: (а) нормативной проверки требований к технологическому процессу; (б) классификатора типовых нарушений по этапам; (в) прикладного обоснования по материалам официальных сообщений и документов; (г) расчетно-аналитической части по данным подрядчика/эксплуатирующей организации или по внутренним журналам дефектов.

В условиях плотной городской застройки Москвы технологические нарушения при устройстве кабельных линий 0,4–10кВ имеют преимущественно «стыковую» природу: они возникают на границах ответственности между земляными и электромонтажными работами, между проектным положением сетей и фактической подземной ситуацией, между скоростью производства работ и полнотой контроля скрытых операций. Современные исследования в области строительства и эксплуатации городских инженерных сетей показывают, что повышение надежности устройства кабельных линий достигается за счет стандартизации процедур строительного контроля, усиления требований к организации земляных работ и обязательного геодезического сопровождения. Особое внимание уделяется ограничению механизированной разработки грунта вблизи действующих коммуникаций, необходимости оперативной остановки работ при выявлении расхождений между проектным и фактическим положением сетей, а также выполнению контрольно-геодезической съемки на ключевых этапах строительства. Фактические московские примеры повреждений кабеля при несогласованных работах и косвенно фиксируемый рост нагрузки аварийных ремонтов подтверждают, что наиболее эффективная стратегия снижения нарушений — это связка технологических решений (коллекторы, защитные конструкции, ГНБ на сложных пересечениях) и организационных мер (ППР, цифровой контур «проект-геодезия-исполнительная документация», усиленный строительный контроль и согласования), адаптированная к локальным регламентам и условиям охраны наследия.

Литература

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Раздел 2. Глава 2.3 «Кабельные линии напряжением до 220 кВ» (требования к глубине заложения, пересечениям и сближениям).

2. ГОСТ Р 70819-2023. Инженерные сети наружные. Производство электромонтажных работ. Прокладка кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 35 кВ включительно в земле (в траншее). Правила выполнения работ (применяется с 01.01.2024).

3. СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства (актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85).

4. Постановление Правительства Москвы от 19.05.2015 № 299-ПП «Об утверждении Правил проведения земляных работ, установки временных ограждений, размещения временных объектов в городе Москве» (актуальные редакции).

5. Постановление Правительства Москвы от 19.05.2015 № 284-ПП «Об утверждении порядка оформления ордеров (разрешений) на проведение земляных работ, установку временных ограждений, размещение временных объектов в городе Москве» (актуальные редакции).

6. Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков…» (актуальные редакции).

7. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (требования к размещению инженерных сетей, защитным конструкциям и закрытым способам).

8. СП 45.13330.2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты (требования к производству земляных работ).

9. СП 48.13330.2019. Организация строительства (требования к подготовке строительства и организационно-технологической документации).

10. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.

11. Постановление Правительства Москвы от 20.08.2012 № 414-ПП «О порядке проведения археологических полевых работ на территории города Москвы».

12. Информационные материалы города Москвы о развитии коммунально-инженерной инфраструктуры и электроснабжения (статистические показатели по сетям и коллекторному хозяйству).

13. Информация Россети Московский регион о недоотпуске электроэнергии по сети 0,4–220 кВ (разрез по Москве/филиалам).

14. Публичные материалы Россети Московский регион: пример повреждения кабеля 10 кВ при несогласованных земляных работах в Москве.

15. Закупочные/раскрываемые материалы Россети Московский регион (филиал «Московские кабельные сети»): указание на рост повреждений КЛ 0,4–35 кВ и увеличение аварийно-восстановительных работ, необходимость благоустройства мест разрытий.

16. Департамент культурного наследия города Москвы. Информация о едином порядке проведения археологических работ и необходимости археологических наблюдений при земляных работах в зонах археологического наследия.

17. Агарков А. М. Технология прокладки коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ) (научная публикация).

18. Сообщения комплекса городского хозяйства Москвы о планах обновления коммуникационных коллекторов в 2026 году (как элемент стратегии снижения разрытий и конфликтов коммуникаций).

Analysis of process failures during the installation of 0.4–10 kV cable lines in dense urban areas

Bidov T.Kh., Garipova K.M.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the main types of process violations during the installation of 0.4–10 kV power lines in dense urban areas, with a focus on Moscow's specific conditions. These include: excavation violations, defective cable laying and fittings, errors at intersections with utility lines, and organizational violations (lack of coordination, insufficient construction supervision, and incomplete as-built documentation). The article systematizes the causes and consequences, provides examples confirmed by open sources, and provides indirect indicators of scale (the intensity of excavation orders, signs of an increase in emergency restoration work and undersupply of electricity). Based on the results of scientific research and an analysis of cable line construction practices in dense urban areas, it proposes technological and organizational measures to reduce violations, including the use of trenchless drilling (HDD), the use of utility manifolds and cable ducts, enhanced geodetic control, and the introduction of digital models (BIM/GIS underground utilities) into the design, execution, and construction supervision systems.

Keywords: 0.4–10 kV cable lines, technological violations, earthworks, dense urban development, utility line intersections, OATI order, construction control, executive geodetic survey, HDD, utility manifolds.

References

1. Electrical Installation Code (EIC). Section 2. Chapter 2.3 "Cable Lines with Voltages up to 220 kV" (requirements for burial depth, crossings, and proximity).
2. GOST R 70819-2023. Outdoor Utilities. Electrical Installation Work. Laying Plastic-Insulated Cables with Voltages up to and including 35 kV in the Ground (in Trenches). Rules for Performing Work (applicable from 01.01.2024).
3. SP 76.13330.2016. Electrical Devices (updated version of SNiP 3.05.06-85).
4. Moscow Government Resolution No. 299 PP of May 19, 2015, "On Approval of the Rules for Conducting Excavation Work, Installing Temporary Fences, and Placing Temporary Facilities in the City of Moscow" (current versions).
5. Moscow Government Resolution No. 284 PP of May 19, 2015, "On Approval of the Procedure for Issuing Orders (Permits) for Conducting Excavation Work, Installing Temporary Fences, and Placing Temporary Facilities in the City of Moscow" (current versions).
6. RF Government Resolution No. 160 of February 24, 2009, "On the Procedure for Establishing Protected Zones for Electric Grid Facilities and Special Conditions for the Use of Land Plots..." (current versions).
7. SP 42.13330.2016. Urban Development. Planning and development of urban and rural settlements (requirements for the placement of utility networks, protective structures, and closed methods).
8. SP 45.13330.2017. Earthworks, foundations, and foundations (requirements for excavation work).
9. SP 48.13330.2019. Construction organization (requirements for construction preparation and organizational and technological documentation).
10. SP 333.1325800.2020. Information modeling in construction. Rules for creating an information model of objects at various stages of the life cycle.
11. Moscow Government Resolution No. 414 PP of August 20, 2012, "On the procedure for conducting archaeological fieldwork in the city of Moscow."
12. Information materials of the city of Moscow on the development of public utility infrastructure and electricity supply (statistical indicators for networks and collector systems).
13. Rosseti Moscow Region Information on Underdelivery of Electricity on the 0.4–220 kV Network (Moscow/Branches Cross-Section).
14. Rosseti Moscow Region Public Materials: Example of Damage to a 10 kV Cable During Uncoordinated Excavation Work in Moscow.
15. Rosseti Moscow Region Procurement/Disclosure Materials (Moscow Cable Networks Branch): Indication of an Increase in Damage to 0.4–35 kV Cable Lines and an Increase in Emergency Repair Work, as well as the Need to Improve Excavation Sites.
16. Moscow Department of Cultural Heritage. Information on a Unified Procedure for Conducting Archaeological Work and the Need for Archaeological Observations During Excavation Work in Archaeological Heritage Areas.
17. Agarkov A. M., "Utility Line Installation Technology Using Horizontal Directional Drilling (HDD)" (Scientific Publication).
18. Announcements from the Moscow City Services Complex on plans to renew utility collectors in 2026 (as an element of the strategy to reduce excavations and conflicts in utility networks).

Обоснование выбора технологий устройства кабельных линий в условиях плотной городской застройки с учетом нормативных ограничений

Гарипова Карина Маратовна
магистрант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, garipova.karina3@yandex.ru

В статье рассматриваются особенности выбора технологий прокладки подземных кабельных линий в условиях плотной городской застройки с учётом действующих нормативных требований и организационно-технических ограничений. Проанализирована нормативная база Российской Федерации, включая Правила устройства электроустановок, своды правил и национальные стандарты, регламентирующие глубину заложения кабелей, требования к их защите, расстояния до существующих инженерных сооружений и порядок восстановления благоустройства территории. Особое внимание уделено влиянию процедур согласования проектной документации с эксплуатирующими организациями, органами местного самоуправления и надзорными структурами, что существенно влияет на сроки реализации проектов. Проведена сравнительная характеристика основных технологий прокладки кабельных линий, включая траншейный способ, горизонтально-направленное бурение и метод продавливания, с учётом трудозатрат, условий применения и воздействия на городскую инфраструктуру. Установлено, что выбор оптимальной технологии должен осуществляться на основе комплексной оценки технических, экономических и организационных факторов, включая объёмы работ по благоустройству и сложность согласовательных процедур. Сформулированы практические рекомендации для проектировщиков и подрядных организаций по повышению эффективности реализации проектов в условиях городской среды.

Ключевые слова: кабельные линии, плотная городская застройка, прокладка кабелей, траншейный метод, горизонтально-направленное бурение, метод продавливания, бестраншейные технологии, нормативные требования.

Современное развитие городской инфраструктуры сопровождается постоянным ростом потребности в надёжных и безопасных системах электроснабжения, что обусловливает увеличение объёмов строительства и реконструкции кабельных линий. В условиях плотной городской застройки прокладка инженерных коммуникаций осложняется ограниченностью свободного пространства, высокой насыщенностью территории существующими сетями, а также необходимостью соблюдения требований по сохранению благоустройства и минимизации воздействия на окружающую среду. В связи с этим особую актуальность приобретает обоснованный выбор технологий устройства кабельных линий, учитывающий как нормативные ограничения, так и организационно-технические факторы.

Исследования в области строительства и эксплуатации кабельных линий показывают, что одним из ключевых факторов надежности подземных электрических сетей является соблюдение требований к глубине заложения кабелей и условиям их размещения относительно других инженерных коммуникаций. В научной литературе отмечается, что для кабельных линий напряжением до 20 кВ минимальная глубина заложения обычно принимается на уровне около 0,7 м, для линий 35 кВ — порядка 1 м, а при пересечении улиц и площадей глубина прокладки, как правило, увеличивается до 1 м независимо от напряжения линии. Недостаточная глубина заложения существенно повышает риск механических повреждений при последующих земляных работах и эксплуатации городской инфраструктуры.

Отдельное внимание исследователи уделяют соблюдению минимальных расстояний до фундаментов зданий, трубопроводов, теплотрасс и других инженерных коммуникаций. В работах по эксплуатации городских инженерных сетей указывается, что расстояние до фундаментов сооружений рекомендуется принимать не менее 0,6 м, а в стеснённых условиях необходимо применение дополнительных защитных конструкций — железобетонных плит толщиной не менее 50 мм, кирпичной защиты, футляров, кабельных каналов и других элементов механической защиты. Использование подобных решений позволяет повысить эксплуатационную надежность кабельных линий, снизить вероятность повреждений при ремонтах смежных коммуникаций и уменьшить объем аварийно-восстановительных работ. При пересечении дорог и ж/д линии кабели должны прокладываться в защитных трубах или блоках на глубине не менее 1 м от полотна дороги. Все эти требования регламентируют допустимые трассы и методы прокладки в городской среде.

Следует учитывать результаты исследований и отраслевых разработок, посвящённых проектированию, строительству и эксплуатации кабельных линий в городской среде. В научной литературе особое внимание уделяется вопросам организации земляных работ, восстановлению нарушенного благоустройства, соблюдению технологических требований при монтаже кабелей, а также контролю качества электромонтажных операций. Современные исследования подчеркивают необходимость комплексного подхода к прокладке кабельных линий, включающего контроль технологических процессов, испытания кабельной продукции и систематическое сопровождение работ на всех этапах строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Исследования, посвящённые строительству и эксплуатации кабельных линий в условиях городской застройки, показывают, что эффективность и безопасность выполнения работ во многом зависят не только от технических решений, но и от организационно-правового сопровождения строительства. В научной литературе подчеркивается, что при реализации проектов подземных инженерных сетей особое значение имеют требования к подготовке проектной документации, согласованию работ с владельцами существующих коммуникаций, а также соблюдению правил производства земляных работ и восстановления нарушенного благоустройства. Для крупных городов характерно наличие дополнительных локальных ограничений, связанных с высокой плотностью инженерной инфраструктуры, интенсивным транспортным движением и необходимостью сохранения городской среды. Исследователи отмечают, что процедуры получения разрешений на разрытия, координация действий с коммунальными и эксплуатационными организациями, а также контроль восстановления покрытий и благоустройства являются важными элементами системы снижения аварийности и предотвращения технологических нарушений при строительстве кабельных линий.

Основные способы прокладки подземных кабельных линий в городской застройке – это открытая траншея и бестраншейные технологии (ГНБ и продавливание):

Открытая траншейная прокладка является традиционным способом строительства кабельных линий в городской среде. Данный метод предусматривает разработку траншей требуемой глубины и ширины с использованием экскаваторов и ручного труда, после чего выполняется укладка кабелей, как правило, в трубах, лотках или защитных конструкциях. Исследования в области строительства инженерных коммуникаций показывают, что при устройстве траншей большое значение имеют подготовка песчаного основания, применение песчано-гравийной подсыпки, устройство защитных плит и соблюдение требований к послойному уплотнению грунта. Главные достоинства траншеи – простота технологии, минимальные требования к спецоборудованию и возможность прокладки крупных диаметров на большие расстояния без ограничений по длине. Минусы – значительные затраты времени и работ на вскрытие поверхности, нарушения благоустройства (разрытие дорог, газонов, тротуаров), необходимость ограждения опасной зоны и риск обрушения стенок траншеи (особенно в плывунах). В условиях плотной застройки открытый способ прокладки кабельных линий при пересечении автомобильных дорог, как правило, требует организации временного перекрытия проезжей части, что создаёт существенные технические и логистические трудности при устройстве объездных путей и перенаправлении транспортных потоков. Кроме того, восстановление покрытия увеличивает стоимость и сроки. Трудозатраты открытой траншеи обычно оцениваются в сотни чел·ч на км (включая раскопки и реставрацию), а стоимость – в диапазоне десятков–сотен тысяч руб./км (в зависимости от сложностей поверхности и количества коммуникаций). Например, типовая цена монтажа кабеля в траншее может начинаться от ~200–300 тыс. руб. за 100 м простого участка (см. коммерческие данные по монтажу кабеля в земле).

Горизонтально-направленное бурение (ГНБ) – бестраншейная технология, при которой сначала бурится пилотная скважина, затем расширяется и в неё протягивается футлярная труба с кабелями. Для ГНБ требуются специальные установки (бурильная машина, насосы для бурового раствора, мощные лебёдки). ГНБ позволяет прокладывать коммуникации под преградами (дорогами, реками) без вскрытия поверхности, что минимизирует воздействие на благоустройство (никаких разрывов асфальта над трассой). Этот метод особенно хорош при высоком трафике, наличии культурных/исторических ценностей или водных объектов. Ограничения: длина прокола обычно до нескольких сотен метров (более 350–400 м осложняет работу и сильно удорожает проект); трубы малого диаметра (100–500 мм) проложить легче, для больших диаметров и на большие расстояния нужны мощные установки. Состав грунта: оптимален плотный песок и супесь, труднее – глина, валуны и скальные породы. Преимущества ГНБ – отсутствие необходимости перекрытия дорог и пешеходных зон, сокращение сроков работ при прокладке коротких участков (в случае пробивки под шоссе может хватить компактной установки), относительная безопасность для существующих коммуникаций (вероятность повредить соседние сети ниже, чем при открытой траншее). Недостатки – высокая стоимость буровых работ и оборудования, необходимость транспортировать и утилизировать буровой раствор (с определённым экологическим риском попадания в грунтовые воды), ограниченная точность и сложность прокладки на большие расстояния или сквозь многослойные сложные грунты (может потребоваться отдельный проект для прокола каждого участка).

Метод продавливания (гидропрокол, пневмопрокол) — бестраншейный способ прокладки, основанный на вдавливании трубы в массив грунта. В стартовом котловане устанавливают гидравлические домкраты, с помощью которых в грунт последовательно вдавливают стальную трубу с заострённым наконечником. Грунт, поступающий внутрь трубы в виде керна, разрабатывается и удаляется из забоя механическим способом или с применением гидравлической промывки.

Метод продавливания применяется для прокладки стальных и железобетонных труб большого диаметра (как правило, от 600 до 1400 мм) на участках длиной до 60–80 м. По сравнению с методом прокола, продавливание позволяет формировать устойчивую скважину за счёт ножевой части трубы, что снижает риск обрушения грунта. Продавливание эффективно в плотных и среднеплотных грунтах, обеспечивает высокую точность направления и значительное усилие проходки, создаваемое системой гидродомкратов. В условиях плотной городской застройки данный метод позволяет избежать длительного вскрытия поверхности, однако требует устройства стартового и приёмного котлованов.

К недостаткам метода относятся ограниченная длина проходки (как правило, до 80–100 м без устройства промежуточных котлованов), значительная масса и габариты оборудования, а также высокая стоимость труб и домкратных установок. Скорость проходки сравнительно невысока (десятки метров в сутки, в зависимости от грунтовых условий), при этом трудозатраты остаются относительно низкими за счёт работы небольшой специализированной бригады.

Таблица 1

Сравнительная характеристика технологий прокладки кабельных линий в условиях плотной городской застройки

Критерий	Открытая траншея	ГНБ (горизонтальное бурение)	Продавливание / прокол
Применимость в плотной застройке	**Ограничена.** Требуется перекрытие дорог, тротуаров; большое неудобство городу.	**Высокая.** Позволяет прокладывать трассы под дорогами и зонами активности без перекрытий.	**Средняя.** Требуются котлованы на каждом конце прогона; минимально нарушает центральный участок.
Ограничения трассировки	Любые трассы; возможно обхождение препятствий, но со сложностями при ж/д или рельефных преградах.	Прямолинейное бурение (корректируемое) до 300–500 м; сложна сильная кривизна.	Прямая или с небольшим изгибом (на малом участке); длина трассы ~30–80 м без дополнительных вмешательств.
Глубина/грунты	Зависит от ПУЭ (до ~1,5 м для 110–220 кВ); можно варьировать. Трещиноватые, валунные, плывуны – всё осваивается, но сложно.	Глубина 5–30 м (увеличивается с длиной перехода: при ~200 м — 10–20 м). Эффективен в песчаных и рыхлых грунтах; в глинистых и скальных — снижение скорости. Ограничение — минимальная длина прокола ~30–50 м, связанная с радиусом изгиба буровой колонны	Обычно 0,5–2 м (до проектного уровня). Показан в плотных грунтах, плывунах и средней скале. Глубина ограничена длиной трубы и усилием домкратов.
Влияние на благоустройство	**Высокое.** Значительное разрушение покрытия, ландшафта, требуется сложное восстановление (асфальтирование, озеленение).	**Низкое.** На поверхности остаются только воронки котлованов; центр линии не повреждается, ускоряя восстановление.	**Низкое.** Минимальная площадь раскопок (стартовый/финишный котлованы), покрытие в основной трассе не трогается.
Сроки работ	Длительно: открытие траншеи, монтаж кабеля, обратная засыпка и восстановление. Может занимать недели-месяцы на протяжённом участке.	Быстро на коротких участках (до 50–100 м, иногда достаточно одной установки). На длинных участках – растёт время бурения и длина цепочки труб.	Средние: меньше, чем у траншеи (нет постоянной раскопки), но скорость ниже ГНБ.
Стоимость	Низкая стоимость оборудования, но высокие расходы на восстановление благоустройства. Обычно дешевле при простых трассах.	Высокая стоимость установки и бурового раствора; но экономит на восстановлении благоустройства. Имеет большую стоимость на метр по сравнению с траншеей.	Очень высокая стоимость труб/домкратов; оборудование тяжелое. Цена возрастает с диаметром трубы и сложностью грунтов.
Трудозатраты (чел·ч)	Большие: много землеройных и монтажных работ.	Меньше: работа обслуживается небольшой бригадой буровиков (2–5 чел), больше – на подготовке документации (согласования).	Небольшие: бригада 2–3 чел работает в котлованах и с домкратами (по ощущениям и данным производителей).
Безопасность	Риск обрушения траншеи, опасность попадания в канализацию, простои транспорта. Требуются ограждения и ПБ.	Высокая при правильном проведении: нет открытых пазух. Однако есть риск потери управления бурением, попадания в коммуникации, попадания бурового раствора (БД) на проезжую часть (для ГНБ).	В целом безопасен (нет волн обрушений на поверхность), но требует контроля давления домкратов. Крупная техника ограничивает зону работ.
Экологические риски	Пыль, шум и загрязнения от машин. Большие объёмы вынутого грунта.	Замутнение грунтовых вод буровым раствором, который необходимо утилизировать; шум от буровых насосов. Обычно считается более экологичным из-за минимального нарушения земли.	Минимальное вмешательство в поверхность – мало пыли; но могут быть выбросы грунта из котлованов. Точечной нагрузкой может быть пресс.
Восстановление поверхности	Сложное и дорогое: Для благоустройства обязателен послойный уплотнённый обратный засыпь грунта, демонтаж/постройка бордюров, новая плитка или асфальт, пересадка зелёных насаждений.	Быстрое: нужно восстановить лишь стартовый и приёмный котлованы. Основной участок остается нетронутым, что существенно сокращает объём благоустроительных работ.	Аналогично ГНБ: восстанавливаются только приямки; основная трасса не требует работ. Но котлованы под трубы глубокие – их засыпают, затем восстанавливают верхнее покрытие (газон/плитка/асфальт).

Открытая траншея предпочтительна при небольшой протяжённости линии, отсутствии плотного дорожного покрытия или когда нет высокого техногенного и благоустроительного статуса территории. Например, при прокладке кабеля вдоль огороженных территорий, в неасфальтированных дворах, либо если требуется проложить кабель на большие расстояния. Траншея более выгодна при ограниченном бюджете и когда есть возможность синхронизировать работы по прокладке и благоустройству (например, при полном ремонте улицы).

ГНБ предпочтителен в городских условиях с интенсивным движением транспорта и пешеходов, на участках, где недопустимы раскопки (магистральные улицы, парки, исторические территории). Метод эффективен для прокладки сравнительно небольших сечений труб, диаметром до 500–600 мм, на средние дистанции (обычно до нескольких сотен метров). Он обеспечивает минимальный ущерб благоустройству и отсутствие длительных простоев дороги. Например, под перекрестками, проспектами, площадями – ГНБ позволяет не затрагивать дорожное полотно. Однако при крайне твёрдых или многоэтажных грунтах (скала, крупный валун) ГНБ может потребовать предварительного бурения или явиться неэффективным.

Продавливание (прокол) применяется для прокладки труб большого диаметра (≥600 мм) в условиях городской застройки при необходимости устройства переходов без вскрытия поверхности. Теоретическая длина проходки достигает 50–80 м, однако на практике чаще ограничивается 20–30 м. Метод эффективен при пересечении дорог и в условиях ограниченной глубины прокладки (например, в охранных зонах метрополитена), обеспечивая высокую точность и минимальное нарушение поверхности. Недостатки — необходимость устройства котлованов, высокая стоимость и ограниченная глубина заложения, что сужает область применения.

При выборе технологии необходимо учитывать характер грунта, длину и диаметр прокладываемых кабелей, наличие проблемных коммуникаций и требуемые сроки. Например, в слабых болотистых грунтах любой метод затруднен – траншея будет вести к осадке, ГНБ может «уплывать», а продавливание – проседать. В скальных породах траншея дорога, поэтому часто применяют гидропрокол или микротоннелирование. Если после прокладки кабеля требуется полная реконструкция дорожного полотна, тротуаров и озеленения, то затраты на восстановление могут превысить стоимость самой прокладки. В условиях плотной городской застройки открытая траншейная прокладка становится крайне затратной по времени и финансовым ресурсам, поскольку требует выполнения большого объема сопутствующих работ по восстановлению городской среды. Исследования в области организации строительства инженерных коммуникаций показывают, что значительная часть затрат связана не непосредственно с прокладкой кабеля, а с восстановлением нарушенного благоустройства: послойной обратной засыпкой и уплотнением грунта, восстановлением бортового камня, дорожных и тротуарных покрытий, а также элементов озеленения. Бестраншейные методы позволяют уменьшить эти затраты, так как площадь вмешательства существенно меньше. Поэтому при проектировании важно смежно планировать объёмы работ по благоустройству: учитывать, какие покрытия нужно снять и затем восстановить, какие зелёные насаждения сохранить или пересадить. В проектах часто предусматривают одновременную работу бригады прокладки кабеля и бригады благоустройства, чтобы минимизировать время простоя территории. Время на благоустройство может составлять до 50% от общего времени строительства, что входит в трудоёмкость и влияет на календарный график.

При планировании маршрута кабеля необходимо использовать цифровые модели коммуникаций (ГИС), чтобы избежать конфликтов с существующими сетями и минимизировать объем вскрытий. При высоком объёме коммуникаций (множество электрокабелей, водопроводов, газопроводов) может потребоваться сочетание методов: например, траншея – в свободном от сетей месте, ГНБ – при пересечении перегруженной магистрали.

Любая прокладка кабеля в городской черте требует получения разрешений и согласований, что существенно влияет на выбор технологии и сроки реализации проекта. Во-первых, проект прокладки подлежит согласованию с владельцами существующих инженерных сетей, органами местного самоуправления и собственниками земельных участко . Во-вторых, для выполнения работ необходимо получение ордера (разрешения) на производство земляных работ. В случае проведения работ с затрагиванием улично-дорожной сети требуется разработка и согласование проекта организации дорожного движения (ПОДД), включая согласование с органами транспорта и дорожной инфраструктуры.

Согласование проектных решений с профильными организациями, такими как институт «Мосинжпроект», осуществляется в случаях, когда трасса кабельной линии пересекает или затрагивает их проектные и эксплуатируемые объекты; в иных случаях проект согласовывается с соответствующими заинтересованными организациями. Процедура согласования может включать взаимодействие с архитектурными, дорожными, транспортными и надзорными структурами, что оказывает значительное влияние на сроки реализации проекта.

Согласования часто занимают до нескольких месяцев и существенно влияют на выбор технологии и сроки реализации. Этот фактор особенно неблагоприятен для траншейного способа, поскольку требует согласования полного перекрытия проезжей части и последующего восстановления благоустройства. Бестраншейные технологии, напротив, позволяют сократить объём согласований, так как не требуют вскрытия покрытия по всей трассе. Например, при ГНБ устраиваются только рабочий (стартовый) и приёмный котлованы, в которых размещается оборудование и осуществляется выход бурового инструмента, тогда как основная часть трассы остаётся ненарушенной. Это упрощает получение разрешений: как правило, требуется лишь локальное ограничение движения в зоне котлованов, без полного перекрытия дороги.

В охранных зонах (газовых, тепловых, водных сетей, линий связи и т.д.) всегда требуется специальное согласование. На выбор технологии влияют и экологические аспекты: если трасса проходит через парк или исторический объект, необходимо согласование с природоохранными (или реставрационными) органами, разрешение на вырубку/пересадку деревьев. Эти процедуры могут диктовать применение именно закрытого метода (чтобы не нарушать корневую систему и покрытие) или, наоборот, открытого для пересадки зеленых насаждений по заранее согласованной схеме.

В целом, сроки согласований могут достигать 1–3 месяцев и ясно «привязывают» выбор технологии к доступности земляных работ. Практическим выводом является необходимость закладывать эти временные риски в календарный план и по возможности предпочтение методам с меньшими организационными затратами (например, ГНБ или продавливание на магистральных улицах).

При выборе технологии прокладки кабельной линии в условиях городской застройки ключевую роль играет совокупность технических, организационных и эксплуатационных факторов. Исследования в области строительства инженерных коммуникаций показывают, что параметры глубины заложения, способы механической защиты кабелей, расстояния до других подземных объектов и условия пересечения коммуникаций определяют технические ограничения для реализации проекта. Одновременно особенности городской территории, высокая плотность существующих инженерных сетей, необходимость согласования работ с эксплуатационными организациями и требования к восстановлению благоустройства существенно влияют на организацию строительного процесса и выбор оптимальной технологии прокладки. Открытая траншея остаётся наиболее простым и дешевым способом при отсутствии плотной застройки, тогда как ГНБ и продавливание – оптимальным в местах с интенсивным движением или когда необходимо сохранить внешний облик территории. Сравнительная таблица выше наглядно показывает, что ни один метод не универсален: каждый имеет свои «зоны применения». Проектировщики и подрядчики должны тщательно анализировать ситуацию: есть ли пространство для траншеи, можно ли закрыть дорогу на время, какие грунты и коммуникации встречаются, какие согласования уже пройдены. Так, выбор технологии – это компромисс между технической осуществимостью, нормативными ограничениями и экономической эффективностью. При грамотном подходе возможно найти сбалансированное решение, обеспечивающее минимальные затраты времени, средств и ущерба городской инфраструктуре.

Литература

1. ГОСТ Р 70819-2023. Инженерные сети наружные. Производство электромонтажных работ. Прокладка кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 35 кВ в земле (в траншее). Москва: Стандартинформ, 2023.

2. Иванов А.Г. ГНБ в бестраншейной прокладке коммуникаций // ЭнергоТек. Промышленный бюллетень. 2020. № 5. С. 25–31.

3. Подземное строительство: информационно-аналитический портал. URL: https://undergroundexpert.info (дата обращения: 10.04.2026).

4. Правила устройства электроустановок. Изд. 7. Гл. 2.3. Кабельные линии. Москва: Энергоатомиздат, 2003.

5. СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства. Электромонтажные и пусконаладочные работы. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85. Москва: Минстрой России, 2016.

6. СП 82.13330.2016. Благоустройство территорий. Москва: Минстрой России, 2016.

7. СП 244.1326000.2015. Кабельные линии объектов инфраструктуры. Общие требования к прокладке. Москва: Минэнерго России, 2015.
8. Стандарты ПАО «Россети»: СТО 34.01-21.1-001-2017. Общие требования к проектированию и строительству кабельных линий. Москва: ПАО «Россети», 2017.
9. СТО 34.01-2.3.3-038-2021. Кабельные линии. Требования к проектированию и монтажу. Москва: ПАО «Россети», 2021.
10. Типовой альбом А11-2011. Прокладка кабелей до 35 кВ в траншеях с применением гофрированных труб. Москва: ОАО «Инжпроект», 2011.
11. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2003. № 13. Ст. 1177.
12. Федеральный закон от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2010. № 31. Ст. 4179.
13. Постановление Правительства Москвы от 07.12.2000 № 603-ПП «Правила производства земляных и строительных работ, обустройства и содержания строительных площадок в городе Москве» // Вестник Мэра и Правительства Москвы. 2000.
14. Публикации отраслевых журналов по вопросам строительства и энергетики: Электроэнергетика, Строительство и реконструкция, Энергетик. 2018–2025.

Justification of the choice of technologies for the installation of cable lines in dense urban areas, taking into account regulatory restrictions

Bidov T.Kh., Garipova K.M.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the specifics of selecting underground cable line installation technologies in dense urban environments, taking into account current regulatory requirements and organizational and technical constraints. It analyzes the Russian Federation's regulatory framework, including the Electrical Installation Code, codes of practice, and national standards governing cable burial depths, protection requirements, distances to existing utility structures, and the procedure for restoring landscaping. Particular attention is paid to the impact of design documentation approval procedures with operating organizations, local governments, and regulatory authorities, which significantly impacts project implementation timelines. A comparative analysis of the main cable line installation technologies is provided, including trenching, horizontal directional drilling, and jacking, taking into account labor costs, application conditions, and the impact on urban infrastructure. It has been established that the selection of the optimal technology should be based on a comprehensive assessment of technical, economic, and organizational factors, including the scope of improvement work and the complexity of approval procedures. Practical recommendations for designers and contractors on improving the efficiency of project implementation in urban environments have been formulated.

Keywords: cable lines, dense urban development, cable installation, trench method, horizontal directional drilling, push-through method, trenchless technologies, regulatory requirements.

References

1. GOST R 70819-2023. Outdoor Utilities. Electrical Installation Work. Laying Plastic-Insulated Cables up to 35 kV in the Ground (in Trenches). Moscow: Standartinform, 2023.
2. Ivanov, A.G. HDD in Trenchless Utility Laying // EnergoTek. Industrial Bulletin. 2020. No. 5. pp. 25–31.
3. Underground Construction: Information and Analytical Portal. URL: https://undergroundexpert.info (accessed: 10.04.2026).
4. Electrical Installation Rules. 7th Edition. Chapter 2.3. Cable Lines. Moscow: Energoatomizdat, 2003.
5. SP 76.13330.2016. Electrical Devices. Electrical Installation and Commissioning Work. Updated Version of SNiP 3.05.06-85. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016.
6. SP 82.13330.2016. Landscaping. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016.
7. SP 244.1326000.2015. Cable Lines of Infrastructure Facilities. General Requirements for Installation. Moscow: Ministry of Energy of Russia, 2015.
8. Standards of PJSC Rosseti: STO 34.01-21.1-001-2017. General Requirements for the Design and Construction of Cable Lines. Moscow: PAO Rosseti, 2017.
9. STO 34.01-2.3.3-038-2021. Cable Lines. Design and Installation Requirements. Moscow: PAO Rosseti, 2021.
10. Standard Album A11-2011. Laying Cables up to 35 kV in Trenches Using Corrugated Pipes. Moscow: OAO Inzhproekt, 2011.
11. Federal Law of March 26, 2003, No. 35-FZ, "On Electric Power Industry" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2003. No. 13. Article 1177.
12. Federal Law of July 27, 2010, No. 210-FZ, "On the Organization of the Provision of State and Municipal Services" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2010. No. 31. Article 4179.
13. Resolution of the Moscow Government of December 7, 2000, No. 603-PP, "Rules for Excavation and Construction Work, Development, and Maintenance of Construction Sites in Moscow" // Bulletin of the Mayor and Government of Moscow. 2000.
14. Publications in industry journals on construction and energy issues: Electric Power, Construction and Reconstruction, Energetik. 2018–2025.

Целостность сакрального пространства в постсоветской России 1991–2025гг.

Бик Олег Витальевич
кандидат архитектуры, доцент, Советник президента, МЭИ, bik.oleg@gmail.com,

Лаврентьев Александр Алексеевич
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, 1142240418@rudn.ru,

Лаврентьев Илья Алексеевич
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, 1142240417@rudn.ru,

Насыров Николай Рустамович
аспирант, кафедра архитектуры, реставрации и дизайна, Инженерная академия, РУДН им. Патриса Лумумбы, 1142240416@rudn.ru

Возрождение православного храмостроительства в России после 1991 года охватило не только архитектурные объёмы, но и внутреннее убранство храмов, прихрамовые территории и предметы литургического обихода. В статье рассматривается сакральное пространство как целостный организм, включающий три взаимосвязанных уровня: интерьер храма, прилегающую территорию и мобильные элементы – иконостасы, церковную утварь и мебель. На основе анализа отечественных проектов, реализованных в 1991–2025 гг., выявляются ключевые этапы эволюции: от стихийного «количественного восполнения» 1990-х годов к осознанному, многоплановому проектированию XXI века. Авторы показывают, как современные храмовые комплексы всё чаще создаются как единые ансамбли, где архитектура, ландшафт и предметы интерьера подчинены общей литургической и просветительской миссии. Особое внимание уделяется роли литургической чуткости, материальной достоверности и социальной открытости в формировании духовно насыщенной среды. Статья демонстрирует, что зрелый этап постсоветского церковного зодчества характеризуется не копированием прошлого, а творческой преемственностью, способной говорить с современным человеком через форму, пространство и символ.

Ключевые слова: православный храм, сакральное пространство, прихрамовое благоустройство, церковная утварь, постсоветская архитектура.

Введение

Распад СССР в 1991 году открыл эпоху беспрецедентного возрождения православной жизни в России. Одним из самых зримых проявлений этого процесса стало массовое храмостроительство: по оценкам Синодального отдела по взаимоотношениям Церкви с обществом и данным официальной «Программы строительства православных храмов в Москве», с 2010 по 2026 год в столице было введено в эксплуатацию более 150 новых храмов, а общее число построенных по стране за три десятилетия исчисляется тысячами [1]. Однако этот феномен не ограничился возведением архитектурных объёмов. Он затронул всё сакральное пространство – от внутреннего убранства до прилегающей территории, от иконостаса до скамейки во дворе. Как справедливо отмечает О. В. Бик, исследователь интерьера православного храма, «внутреннее убранство является не просто декоративным фоном, а активным участником литургического действа, формирующим молитвенный настрой и раскрывающим богословские смыслы через художественные образы» [2].

Возрождение храмостроительства стало возможным благодаря ряду исторических и правовых процессов. Отправной точкой считается празднование 1000-летия Крещения Руси в 1988 году и последующий архитектурный конкурс 1990 года, который обозначил начало новейшего этапа в церковном зодчестве. Ключевую роль в возвращении Церкви её роли в обществе сыграл Патриарх Алексий II, чьё руководство 1990–2008гг. пришлось на эпоху восстановления религиозной свободы и масштабной реституции имущества.

Настоящая статья рассматривает сакральное пространство как целостный организм, состоящий из трёх взаимосвязанных уровней:

1. Интерьер храма – архитектурно-пространственная среда;
2. Прихрамовая территория – ландшафт, малые формы, инфраструктура;
3. Мобильные элементы литургического обихода – иконостасы, утварь, мебель.

Цель исследования – проследить эволюцию подходов к созданию этих уровней от стихийного «восполнения утраченного» в 1990-е годы к осознанному, многоплановому проектированию в 2010–2020-е, выявить ключевые тенденции, типичные ошибки и успешные стратегии.

Анализ проектов 1991–2025 гг. позволяет выделить три условных этапа:

Этап I: «Количественное восполнение» 1991–2000 гг.

Характеризуется дефицитом знаний, кадров и ресурсов. Храмы строились быстро, часто по типовым проектам. Интерьеры заполнялись подручными средствами: иконостасы из ДСП, утварь с промышленных заводов, благоустройство – цветниками и лавочками. По оценкам специалистов, для 1990-х годов был характерен подход, при котором «не до красоты было – до богослужения» [3]. Этот этап необходим, но привёл к стилистической разрозненности, в одном храме могли соседствовать барочный иконостас, советский аналой и пластиковое кадило.

Этап II: «Поиск идентичности» 2001–2010 гг.

Начинается профессионализация. Появляются первые частные и монастырские мастерские – Сретенский, Данилов монастыри, – возрождаются ремёсла. Возникают дискуссии: «Можно ли быть современным и православным?» Архитекторы и богословы начинают сотрудничать. По наблюдению О. В. Бика, именно в этот период «происходит переход от стихийного копирования исторических образцов к осмысленному синтезу традиции и современных художественных языков, что особенно заметно в решениях иконостасов и организации алтарного пространства» [2]. Пример – возведение храмового комплекса святых Новомучеников и Исповедников Российских на Бутовском полигоне, основной каменный храм освящён в 2007 году. Этот комплекс, созданный в память о жертвах репрессий, стал одним из первых примеров осмысленного проектирования, где архитектура в традициях шатрового зодчества, мемориальная экспозиция с реликвиями и благоустройство территории, включая «Аллею мучеников», образуют глубоко символичное и целостное сакральное пространство.

Этап III: «Зрелый синтез» 2011–2025 гг.

Формируется новая школа церковного зодчества, основанная на принципе «канон как система, а не стиль». Акцент смещается с внешней формы на функциональность, экологичность, доступность и духовную глубину. Исследование О. В. Бика подтверждает, что современный интерьер храма «требует не только художественной выразительности, но и

тщательной функциональной проработки: акустика, освещение, расположение всех элементов подчиняются задаче создания целостной литургической среды, где каждая деталь работает на молитву» [2].

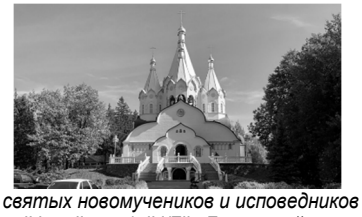


Рис.1. Церковь святых новомучеников и исповедников Российских https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Бутовский_полигон._Церковь_святых_Новомучеников_и_Исповедников_Российских_(каменный).jpg

Эта позиция нашла отражение в работах архитекторов, участвовавших в масштабной «Программе строительства православных храмов в Москве»/ «Программа-200», запущенной в 2011 году.

Современная пространственная организация православного храма сохраняет классическое трёхчастное деление на алтарь, наос и притвор, однако каждая из этих зон претерпевает значительное функциональное усложнение. Алтарь проектируется с учётом эргономики: продуманы маршруты движения священнослужителей, размещение жертвенника и престола, а также доступ к ризнице, что повышает удобство совершения богослужений. Наос, будучи основным молитвенным пространством для мирян, всё чаще выполняется с подъёмом пола по принципу амфитеатра, обеспечивающим беспрепятственную видимость алтаря из любой точки; здесь также выделяются зоны для маломобильных прихожан и внедряются специальные акустические решения, направленные на оптимальное звучание пения и чтения. Как отмечается в учебном пособии под ред. И. А. Казакевича, притвор в современных храмах трансформируется из узкого преддверия в многофункциональный узел, включающий свечную лавку, информационную стойку, зону общения и пространство для совершения треб, что отражает расширение социальных функций прихода [4].

Не менее важной, хотя и невидимой для прихожан, становится инженерная составляющая интерьера. Акустика тщательно моделируется на этапе проектирования с использованием компьютерных программ, а звукопоглощающие материалы интегрируются в конструкции стен и потолков так, чтобы не нарушать эстетики. Освещение реализуется через многоуровневую LED-систему с возможностью сценарного управления: яркость и цветовая температура меняются в зависимости от времени службы, подчёркивая её драматургию. В современных храмах всё большее внимание уделяется созданию комфортного микроклимата, что способствует как сохранению внутреннего убранства, так и благополучию прихожан [4].

Благоустройство прихрамовой территории в постсоветский период перестало восприниматься как декоративное дополнение и стало неотъемлемой частью миссии прихода. Современный подход предполагает чёткое зонирование пространства на три функционально и символически обусловленные части. Мирская зона, расположенная у внешней границы участка, включает парковку, информационный стенд и торговую палатку – элементы, обслуживающие повседневные нужды прихожан. Яркий пример – территория Главного храма Вооружённых Сил Российской Федерации в парке «Патриот». Другим примером служат храмы, построенные по «Программе-200» в новых спальных районах Москвы. Их задачей изначально было интеграция в городскую ткань, создание духовных центров в пешеходной доступности. Всё чаще прихрамовые территории включают не только необходимую инфраструктуру, но и публичные скверы, детские площадки, становясь точками притяжения для всех жителей.

Рис.2 Главного храма Вооружённых Сил Российской Федерации в парке «Патриот» https://www.drive2.ru/b/652027988530970439/

Среди ключевых тенденций последнего десятилетия – стремление к интеграции храмового комплекса в городскую ткань. Современный православный храм всё чаще выступает не только как место богослужения, но и как центр духовно-просветительской, образовательной и социальной деятельности, формируя вокруг себя многофункциональный приходской комплекс [5]. Неотъемлемой частью благоустройства стала и доступность: пандусы, тактильные указатели для слабовидящих, равномерно освещённые дорожки, что соответствует ключевому принципу социальной открытости современного сакрального проектирования.

Эволюция церковной утвари и мебели наглядно отражает общий путь от стихийного восстановления к осмысленному творчеству. В 1990-е годы, в условиях дефицита и отсутствия профессиональных мастерских, преобладали изделия из ДСП, ламината, никелированной латуни и алюминия, часто с грубыми функциональными ошибками: скользкие ручки потиров, неразборные кадила, неудобные аналои. К 2000-м годам началось возрождение ремёсел, мастера вернулись к массиву дерева, бронзе, серебру, однако высокая стоимость ограничивала доступность таких изделий. Ответом стало появление модульных систем, позволяющих адаптировать иконостасы и мебель под разные бюджеты и масштабы храмов. В 2010–2020-е годы сформировался зрелый подход, сочетающий традицию и инновацию: иконостасы из окрашенного дуба, утварь из патинированной бронзы, композитные элементы – всё это служит литургии, а не стилевому эффекту.

Среди лидеров – мастерская «Верига», Москва, чьи изделия отличаются эргономичными ручками, сбалансированным весом и тщательной проработкой каждой детали. По данным, представленным на конференции «Православное храмостроительство: теория и практика», современные мастера стремятся к максимальной эргономичности утвари, нередко тестируя её в реальных богослужебных условиях и внося коррективы по замечаниям духовенства [3]. В условиях активного строительства малых храмов и крипт всё большее распространение получают модульные системы иконостасов, позволяющие адаптировать ансамбль под размеры помещения и бюджет прихода [3].

Анализ лучших практик позволяет выделить пять ключевых принципов, лежащих в основе современного сакрального проектирования. Первый – литургическая чуткость: глубокое понимание богослужебной функции каждого элемента, от формы кадила до угла наклона аналоя. Второй – символическая последовательность, всё пространство, от аллеи у входа до иконы в алтаре, должно нести единый духовный смысл. Третий – материальная достоверность, предпочтение натуральных материалов таких как дерево, камень, бронза и отказ от пластика и ДСП как несоответствующих духу сакрального. Четвёртый – технологическая невидимость: инженерные системы должны служить, но не доминировать, оставаясь незаметными для глаза и уха. И, наконец, пятый – социальная открытость: храм перестаёт быть закрытым анклавом и становится духовно-культурным центром, открытым для всего города. Именно в этом синтезе – и заключается подлинное возрождение православного храмостроительства в XXI веке. Эти тенденции созвучны выводам О. В. Бика, который подчёркивает, что «подлинное возрождение храмового интерьера возможно лишь при условии возвращения к его символической и литургической основе, а не к внешнему стилизаторству» [2].

Заключение

Постсоветское церковное зодчество в России прошло сложный, но плодотворный путь – от спонтанного восстановления утраченного к зрелому, осознанному созиданию. Если в 1990-е годы главной задачей было просто вернуть храм в городской и сельский ландшафт, заполнить его необходимыми предметами и возобновить богослужебную жизнь, то сегодня речь идёт о качественно ином уровне – о создании целостной, духовно насыщенной среды, способной отвечать вызовам современности, не теряя связи с многовековой традицией.

Современный православный храм уже не воспринимается как изолированное святилище, замкнутое в себе. Он становится многофункциональным духовно-культурным комплексом, органично вписанным в социальную, градостроительную и экологическую ткань города. Его архитектура, интерьер, прихрамовая территория и даже мельчайшие предметы литургического обихода – всё это работает как единый организм, подчинённый двойной миссии: богослужебной и просветительской. Храм сегодня – это не только место для молитвы, но и пространство для встречи, обучения, диалога, служения ближнему.

Особенно важно, что этот процесс не свёлся к стилизации под прошлое или, напротив, к радикальному разрыву с ним. Напротив, лучшие проекты последних двух десятилетий демонстрируют, что традиция и современность не противостоят друг другу, а взаимно обогащают. Традиция перестаёт быть набором внешних форм и превращается в живую систему принципов: иерархии пространства, символической глубины, уважения к материалу, внимания к человеку. Благодаря этому становится возможным говорить на языке XXI века, не теряя богословской точности и духовной глубины.

Иконостас из окрашенного дуба без излишней позолоты, общедоступный сквер с берёзовой рощей у нового храма в жилом районе, потир с эргономичной ручкой, – всё это не дань моде, не эстетический каприз и не компромисс с миром. Это – служение через красоту, понимаемое как акт любви к ближнему и к Богу. Каждая деталь продумана не для того, чтобы удивить, а чтобы помочь сосредоточиться, облегчить путь к молитве, создать условия для встречи человека с Богом в материальном мире.

Таким образом, постсоветское церковное зодчество выходит за рамки узкопрофессиональной практики и становится культурным феноменом, отражающим глубокие духовные искания современного общества. Оно свидетельствует о том, что Церковь не ушла в прошлое, но активно участвует в формировании будущего – не навязывая, а предлагая, не доминируя, а приглашая. И в этом – её подлинная сила и надежда для времени, испытывающего острый дефицит смысла, красоты и достоинства. Как резюмирует О. В. Бик, «современный православный интерьер призван стать мостом между небесным и земным, выражая вечные истины языком, понятным человеку XXI века, но не утратившим святоотеческой глубины» [2].

Литература

1. Официальный сайт программы «Храмы Москвы» // URL: https://khramy-moskvy.ru
2. Бик, О. В. Интерьер православного храма: образы и тенденции развития (конец XX – начало XXI вв.): дис. канд. архитектуры / О. В. Бик. – Москва, 2019. – 184 с.
3. Православное храмостроительство: теория и практика: материалы науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2018. – 156 с.
4. Архитектура православного храма: учеб. пособие / под ред. И. А. Казакевич. – Москва, 2015. – 216 с.
5. Баранцева, Е. В. Формирование духовно-просветительских центров (в конце XX – начале XXI века на примере Москвы) : дис. канд. архитектуры / Е. В. Баранцева. – Москва, 2021. – 210 с.
6. Кириллов, В. В. Православный храм : иллюстрированный словарь-справочник / В. В. Кириллов. – Москва, 2013. – 320 с.
7. Яргина, З. Н. Градостроительная эстетика / З. Н. Яргина. – Москва: Высшая школа, 1987. – 256 с.
8. Шевченко, Л. Л. Православная культура: концептуальный и методический аппарат предметной области / Л. Л. Шевченко. – Москва, 2008. – 192 с.
9. Лайтарь, Н. В. Современная православная церковная архитектура России. Тенденции стилевого развития и типология храмов: дис. канд. искусствоведения / Н. В. Лайтарь. – Санкт-Петербург, 2010. – 198 с.
10. Возняк, Е. Р. Архитектура современной православной приходской церкви (на примере Санкт-Петербурга): автореф. дис. канд. архитектуры / Е. Р. Возняк. – Санкт-Петербург, 1996. – 24 с.

The Integrity of Sacred Space in Post-Soviet Russia, 1991–2025

Bik O.V., Lavrentiev A.A., Lavrentiev I.A., Nasyrov N.R.
RUDN named after. Patrice Lumumba

JEL classification: L61, L74, R53

The revival of Orthodox church construction in Russia after 1991 encompassed not only architectural volumes but also the interior decoration of churches, church grounds, and liturgical utensils. This article examines sacred space as a holistic organism, encompassing three interconnected levels: the church interior, the adjacent grounds, and mobile elements–iconostases, church vessels, and furniture. Based on an analysis of domestic projects completed between 1991 and 2025, key stages of evolution are identified: from the spontaneous "quantitative replenishment" of the 1990s to the conscious, multifaceted design of the 21st century. The authors demonstrate how modern church complexes are increasingly being created as unified ensembles, where architecture, landscape, and interior furnishings are subordinated to a common liturgical and educational mission. Particular attention is paid to the role of liturgical sensitivity, material authenticity, and social openness in shaping a spiritually rich environment. The article demonstrates that the mature stage of post-Soviet church architecture is characterized not by copying the past, but by creative continuity capable of speaking to modern people through form, space, and symbol.

Keywords: Orthodox church, sacred space, iconostasis, church amenities, church furnishings, post-Soviet architecture, liturgical function, ensemble integrity.

References

1. Official website of the "Temples of Moscow" program // URL: https://khramy-moskvy.ru
2. Bik, O. V. Interior of an Orthodox Church: Images and Development Trends (Late 20th - Early 21st Centuries): Dissertation of a Cand. of Architecture / O. V. Bik. - Moscow, 2019. - 184 p.
3. Orthodox Church Construction: Theory and Practice: Proceedings of the Scientific and Practical Conf. - St. Petersburg, 2018. - 156 p.
4. Architecture of the Orthodox Church: Textbook / edited by I. A. Kazakevich. - Moscow, 2015. - 216 p.
5. Barantseva, E. V. Formation of Spiritual and Educational Centers (in the Late 20th - Early 21st Centuries Using Moscow as an Example): Cand. of Architecture Dissertation / E. V. Barantseva. - Moscow, 2021. - 210 p.
6. Kirillov, V. V. Orthodox Church: Illustrated Dictionary and Reference Book / V. V. Kirillov. - Moscow, 2013. - 320 p.
7. Yargina, Z. N. Urban Aesthetics / Z. N. Yargina. - Moscow: Vysshaya shkola, 1987. - 256 p.
8. Shevchenko, L. L. Orthodox Culture: Conceptual and Methodological Apparatus of the Subject Area / L. L. Shevchenko. - Moscow, 2008. - 192 p.
9. Laitar, N. V. Contemporary Orthodox Church Architecture of Russia. Trends in Stylistic Development and Typology of Churches: Dissertation of a Cand. of Art Criticism / N. V. Laitar. - St. Petersburg, 2010. - 198 p.
10. Voznyak, E. R. Architecture of a modern Orthodox parish church (using St. Petersburg as an example): author's abstract of a PhD thesis in architecture / E. R. Voznyak. - St. Petersburg, 1996. - 24 p.

Градостроительный анализ территории малой столицы: оценка потенциала и структурные проблемы г. Магас

Бочкарева Татьяна Владимировна
аспирант, ЦНИИП Минстроя России, Tbochkareva4612@gmail.com

В статье представлены результаты градостроительного анализа территории г. Магас — столицы Республики Ингушетия. Исследование выполнено в рамках адаптированной методологии, синтезирующей принципы районной планировки и современные подходы к оценке городского развития. На основе анализа генерального плана, Правил землепользования и застройки, Стратегии социально-экономического развития до 2030 года, обследований выявлены структурные диспропорции планировочной организации города: разрыв между столичным статусом и качеством городской среды, нереализованный агломерационный потенциал, дисбаланс функционального зонирования и дефицит рекреационных пространств. Особое внимание уделено финансово-экономическим развития города. Определены «точки роста» и ключевые зоны, требующие первоочередного проектного внимания. Результаты анализа служат основой для разработки методики оценки градостроительного потенциала и проектных рекомендаций.

Ключевые слова: градостроительный анализ, Магас, столица, районная планировка, функциональное зонирование, агломерация, градостроительный потенциал, генеральный план, дотационный регион.

Введение

Развитие столиц субъектов Российской Федерации представляет собой особую градостроительную задачу, требующую специализированных подходов к планированию. Города, совмещающие столичный статус с ограниченными территориальными и демографическими ресурсами, оказываются в уникальной ситуации: они должны выполнять функции регионального центра при исторически сложившейся экономической базы и при ограниченных бюджетных возможностях [1].

Город Магас является ярким примером нового города. Основанный в 1995 году, он в 2002 году заменил Назрань в качестве столицы республики. Магас является самой молодой столицей в России. Как отмечается в Стратегии социально-экономического развития города, «Магас относится к немногочисленной группе городов, которые были основаны как столица на свободных от застройки территориях» [2, с. 6]. За короткий период своего существования город продемонстрировал уникальные демографические процессы: численность населения увеличилась с 275 человек в 2002 году до 7,8 тыс. Численность населения по данным Росстата на 01.01.2025 г. составляет 19199. Площадь города 12,6261 кв. км., плотность населения 1520,11 чел на кв. км. Первый генеральный план г. Магас утвержден городским советом муниципального образования «Городской округ Магас» 5 мая 2012 года №10-1/2.[9].

Однако стремительный рост населения и строительства, опережающий темпы развития социальной и инженерной инфраструктуры, порождает ряд системных проблем. Как отмечают исследователи, «для малых столичных городов характерен разрыв между символическим статусом и реальным качеством городской среды, что снижает их конкурентоспособность в борьбе за человеческий капитал» [3, с. 42].

Цель данной статьи — провести комплексный градостроительный анализ территории г. Магас, выявить структурные особенности и диспропорции планировочной организации, а также оценить градостроительный потенциал города для реализации столичных функций с учетом финансово-экономических ограничений региона.

Основная часть

Методологическую основу исследования составляет системно-территориальный подход, адаптированный из методологии районной планировки [4]. Как показано в предшествующих работах автора, классическая методология районной планировки, очищенная от отжившей конкретики, предоставляет бесценный каркас системного, иерархического и комплексного мышления о территории [5]. Ключевыми принципами, релевантными для анализа малых столиц, являются:

1. Комплексный предпроектный анализ территории как «базовой категории», включающий оценку природных условий, инженерно-геологических ограничений и ландшафтно-рекреационного потенциала [4, с. 4].
2. Системное расселение и формирование опорного каркаса, предполагающее анализ города в контексте региональной системы расселения, оценку агломерационных связей и функциональной специализации населенных пунктов [4, с. 38–42].
3. Функциональное зонирование в крупном масштабе, выходящее за рамки городской черты и включающее анализ внешнего функционального пояса [4, с. 37–38].
4. Выявление планировочных районов и узлов как инструмент диагностики внутренней пространственной структуры [4, с. 48].

Вместе с тем, как было обосновано ранее [5], исходная методология требует критического пересмотра в следующих аспектах:

- сдвиг от производственной парадигмы к парадигме столичности и человеческого капитала;
- переход от директивного планирования к учету множественности субъектов развития (частные инвестиции, ГЧП, общественное участие);
- усиление экологического блока как ключевого критерия качества среды;
- внедрение цифровых инструментов анализа (ГИС [8] , Big Data).

Таким образом, в настоящем исследовании реализован синтез классических принципов районной планировки и современных подходов к градостроительному анализу [6; 7].

Методы исследования

Информационную базу исследования составили:

– Генеральный план городского округа «Город Магас» (утвержден в 2012 г.) [9];

– Правила землепользования и застройки г. Магас [10];

– Стратегия социально-экономического развития муниципального образования «Городской округ город Магас» на период до 2030 года [2];

– Материалы натурных обследований, проведенных автором в 2024–2025 гг.;

– Данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Ингушетия;

– Материалы обоснования инвестиционных проектов и программ комплексного развития.

Методы исследования включают:

1. Картографический анализ и метод наложений — сопоставление различных картографических материалов (топоосновы, Генплан, ПЗЗ) для выявления противоречий и нереализованных резервов.

2. Функционально-планировочный анализ — выделение функциональных зон и кластеров, оценка их взаимосвязей и пешеходной доступности.

3. Агломерационный анализ — оценка транспортной доступности, маятниковой миграции и функциональной специализации населенных пунктов в формирующейся Магасско-Сунженской агломерации.

4. Сравнительный анализ (бенчмаркинг) — сопоставление показателей развития Магаса с другими малыми столицами РФ (Йошкар-Ола, Майкоп, Черкесск).

5. Финансово-экономический анализ — оценка бюджетной обеспеченности, структуры доходов и расходов, инвестиционной привлекательности территории.

Анализ природно-экологического каркаса и градостроительных ограничений

Город Магас расположен в центральной урбанизированной части Республики Ингушетия, в предгорной зоне на надпойменной террасе р. Сунжа. Площадка города представляет собой пологонаклонную безлесную равнину. Наиболее живописным элементом ландшафта является река Сунжа, имеющая галечниковое дно [2, с. 28].

Инженерно-геологическая характеристика территории определяет ряд существенных ограничений (таблица 1).

Таблица 1

Инженерно-геологические условия и градостроительные ограничения территории г. Магас

Фактор	Характеристика	Градостроительные ограничения
Сейсмичность	8–9 баллов [10]	Требование специальных конструктивных решений, усиление несущих конструкций, ограничение этажности для отдельных типов зданий
Рельеф	Уклоны до 20% в северо-восточной части	Ограничения для многоэтажного строительства без дорогостоящих инженерных мероприятий
Оползневые процессы	Зоны потенциальной оползневой активности в прибрежной зоне и на склонах	Запрет строительства в активных зонах, необходимость мониторинга
Гидрогеологические условия	Уровень грунтовых вод 2–5 м	Ограничения для подземного строительства, требования к гидроизоляции

Источник: составлено автором на основе [2; 9; 11]

Анализ рельефа показывает, что северо-восточная часть города, примыкающая к Сунженскому хребту, имеет уклоны, превышающие нормативные для многоэтажного строительства (более 20%), что ограничивает возможности ее освоения без проведения дорогостоящих инженерных мероприятий.

В то же время долина р. Сунжа обладает высоким ландшафтно-рекреационным потенциалом. С территории города просматривается силуэт гор на юге и востоке, что создает уникальные визуальные панорамы [2, с. 28]. Однако, как показывают натурные обследования, этот потенциал остается нереализованным: набережная не благоустроена, отсутствуют пешеходные и велосипедные маршруты, связывающие прибрежную зону с жилыми районами. Экологическая ситуация усугубляется сбросом недостаточно очищенных сточных вод в р. Сунжа [2, с. 27].

Магас в системе расселения: агломерационный потенциал и межмуниципальные связи.

Магас не может рассматриваться изолированно от соседних населенных пунктов. В непосредственной близости (4–5 км) расположен г. Назрань - исторический и экономический центр с населением более 127,994 тыс. человек [2]. Города Карабулак, Малгобек и сельские поселения Али-Юрт, Экажево также тяготеют к этой зоне, формируя Магасско-Сунженскую агломерацию, где проживает более 70% населения республики. Анализ функциональной специализации городов в Магасско-Сунженской агломерации (табл. 2) позволяет выявить сложившееся разделение функций.

Табл. 2

Численность населения на 01.01.2025 год и специализация городов

Город	Население,тыс.	Основные функции	Ключевые объекты
Магас	19,199	Административно-управленческая, образовательная	Правительственный квартал, Башня Согласия, Ингушский государственный университет
Назрань	127,994	Историческая, торгово-транспортная, промышленная	Промышленные предприятия, автовокзал, исторический центр
Сунжа	63,378	Самостоятельный городской округ	Аэропорт Магас
Карабулак	44,643	Промышленная, агропромышленная	Промышленные предприятия, пищевые производства
Малгобек	38,704	Нефтедобывающая, промышленная	Нефтеперерабатывающие предприятия

Источник: составлено автором на основе [2]

Важным фактором, определяющим агломерационные процессы, является трудовая маятниковая миграция. В 2016 г. сальдо трудовой миграции из Магаса в Назрань оценивалось в 0,36 тыс. человек [2, с. 18]. Основные проблемы решаются «за счет ежедневной трудовой маятниковой миграции в Назрань» [2, с. 18], что свидетельствует о недостаточном развитии местного рынка труда.

Транспортная доступность между городами агломерации обеспечивается участком федеральной автодороги М-29 (подъезд к городу Магасу), имеющей асфальтобетонное покрытие и ширину проезжей части 12 м, что позволяет организовать движение в четыре полосы [2, с. 21]. Однако, как отмечается в Стратегии, «связь с Экажево осуществляется по автодорогам, являющимся частью улично-дорожной сети самих Магаса и Экажево» [2, с. 21], что создает трудности для транзитного движения.

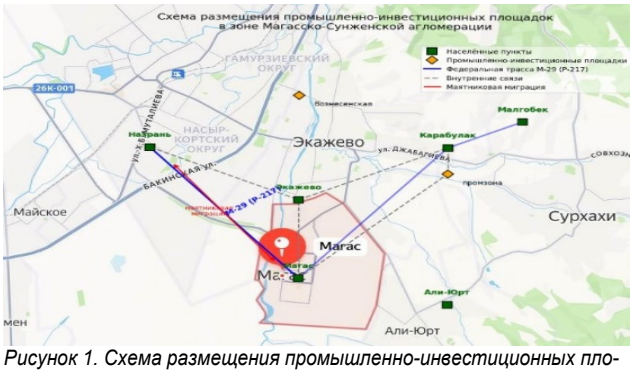


Рисунок 1. Схема размещения промышленно-инвестиционных площадок в зоне Магасско-Сунженской агломерации (Источник: составлено автором на основе [2])

Как видно из схемы, основные точки экономического роста (площадки в Али-Юрте, Вознесеновском и Карабулаке) расположены вдоль транспортного коридора, связывающего Магас с Владикавказом. Это создает предпосылки для формирования единого рынка труда и развития кооперационных связей.

Однако, как отмечается в Стратегии [2, с. 31], слабой стороной Магаса является отсутствие крупных компаний-«ядер», вокруг которых могли бы формироваться кластеры. Развитие агломерационных связей сдерживается недостаточной координацией градостроительной политики и неразвитостью транспортной инфраструктуры, связывающей города.

Внутренняя функционально-планировочная структура г. Магас

Планировочная структура Магаса была разработана Санкт-Петербургским институтом урбанистики и утверждена Генеральным планом в 2022 г. [9]. Город разделен на 27 микрорайонов, организованных по ортогональной сетке с шагом 400×600 м (рис. 2).

Рисунок 2. Схема планировочного деления города Магас (Генеральный план г. Магас, 2024 [9])

Центром композиции является Правительственный квартал (микрорайоны 4–6), где сосредоточены органы власти и административные здания. Как указано в Стратегии, «центром композиции городского плана стал Правительственный квартал, квадратная планировка которого символизирует устойчивость государственной власти» [2, с. 29].

К северу и югу от центра расположены жилые микрорайоны: с многоэтажной застройкой (7–9 этажей) в центральной части и малоэтажной — на периферии. Производственные и коммунально-складские территории вынесены в северную часть города, отделенную от жилой застройки санитарно-защитной зоной.

Новый Генеральный план муниципального образования "Городской округ город Магас" утвержден городским советом депутатов муниципального образования «Городской округ город Магас» от 27 ноября 2024 года №23/3-5.

Натурные обследования и анализ Генерального плана позволили выявить ряд диспропорций (табл. 3).

Табл. 3

Анализ функциональных зон г. Магас: проектные решения и проблемы

Функциональная зона	Проектное назначение	Выявленные проблемы
Административный центр (мкр. 4–6)	Концентрация органов власти, формирование репрезентативного центра	Монофункциональность, низкая связанность с жилыми районами, дефицит общественных пространств и объектов обслуживания (кафе, сервисы)
Жилые районы (мкр. 1–3, 7–27)	Формирование комфортной жилой среды	Преимущественно многоэтажная застройка, дефицит внутриквартального озеленения, неразвитость первичного социального и коммерческого обслуживания
Образовательные учреждения	Развитие университета, научных центров	Ингушский государственный университет территориально рассредоточен, отсутствует целостный кампус
Рекреационная зона (долина р. Сунжа)	Формирование экологического каркаса, зона отдыха	Потенциал не реализован: отсутствие благоустройства, связанных пешеходных и велосипедных маршрутов
Транспортная инфраструктура	Обеспечение внешних и внутренних связей	Ориентация на внешние связи (федеральная трасса), дефицит внутригородских поперечных связей, низкая пешеходная доступность

Источник: составлено автором на основе [2; 8]

Как показано в табл. 4, несмотря на ввод в эксплуатацию новых объектов, сохраняется дефицит мест в образовательных учреждениях.

Табл. 4

Обеспеченность населения г. Магас объектами социальной инфраструктуры

Тип учреждения	Проектная мощность	Фактическая численность	Дефицит/резерв
Дошкольные образовательные организации	430 мест	510 чел.	- 80 мест
Общеобразовательные организации	2806 мест	3529 чел.	- 723 места
Учреждения дополнительного образования	210 мест	210 чел.	0
Специальные образовательные учреждения	409 мест	409 чел.	0

Источник: составлено автором на основе [2, с. 14]

В связи с этим, а также с высокой рождаемостью и быстрым ростом населения города, необходимо строительство новых объектов.

Финансово-экономические условия развития

Ключевым фактором, определяющим возможности реализации градостроительного потенциала Магаса, является бюджетная обеспеченность. Как следует из анализа бюджетных показателей (таблица 5), наблюдается абсолютное сокращение собственных доходов бюджета при одновременном увеличении их доли.

Табл. 5

Динамика доходов и расходов бюджета г. Магас (2018–2024 гг.), млн руб.

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Собственные доходы	80,7	90,7	148	201,6	196,6	164,1	164,2
Безвозмездные поступления	17,8	92,9	32,8	25,1	13,3	0,4	0,73
Расходы бюджета	105,3	184,7	171,4	219	209	178,4	153,9
Дефицит (-)/Профицит (+)	-6,8	-1,3	-9,4	7,7	0,9	-14,7	11

Источник: составлено автором на основе [2, с. 25]

В структуре налоговых доходов доминирует налог на доходы физических лиц, который обеспечивает свыше 90% собственных доходов или около 84% общего объема доходов консолидированного бюджета [2, с. 26]. Это свидетельствует о высокой зависимости бюджета от уровня заработной платы в городе и уязвимости перед экономическими колебаниями.

Расходование бюджетных средств в 2024 г. производилось исходя из обеспечения приоритетов в области социальной сферы.

Особую проблему представляет высокая доля видов деятельности, финансируемых из бюджета. Как указано в SWOT-анализе, к слабым сторонам города относится «высокая доля видов деятельности, финансируемых из бюджета (управление, здравоохранение, образование)» [2, с. 31].

Результаты и обсуждения

На основе проведенного анализа можно выделить ключевые зоны, обладающие наибольшим градостроительным потенциалом и требующие первоочередного проектного внимания.

1. Долина р. Сунжа.

Потенциал зоны включает:формирование благоустроенной набережной с пешеходными и велосипедными маршрутами; создание парковых зон с рекреационной инфраструктурой; интеграцию прибрежной зоны в пешеходный каркас города; использование визуальных панорам на горный ландшафт.

2. Территории вокруг Ингушского государственного университета

Потенциал зоны включает: формирование целостного университетского кампуса; создание инновационного центра и технопарка; развитие сопутствующей инфраструктуры (общежития, спортивные сооружения, объекты обслуживания); интеграцию университета в городскую среду.

3. Приграничная зона с Назранью

Потенциал зоны включает: формирование транспортно-пересадочных узлов; размещение межмуниципальных торговых и логистических

центров; развитие пригородного сообщения; координацию градостроительной политики с соседним муниципалитетом.

4. Въездные зоны

Въездные зоны формируют первое впечатление о столице и требуют особого внимания. В настоящее время въезд в город осуществляется через «Аланские ворота» — триумфальные въездные ворота со стороны Назрани, имеющие общедоступную смотровую площадку [2, с. 16].

Потенциал зоны включает: формирование репрезентативных въездных ансамблей; благоустройство прилегающих территорий; создание информационно-туристических центров; развитие гостиничной и сервисной инфраструктуры.

Заключение

Проведенный комплексный градостроительный анализ территории г. Магас позволяет сделать следующие выводы:

1. Системные диспропорции планировочной организации. Главное противоречие, выявленное в планировочной организации Магаса, — разрыв между высоким столичным статусом и качеством городской среды.

2. Нереализованный агломерационный потенциал. Формирование Магасско-Сунженской агломерации требует разработки единого документа стратегического планирования.

3. Дисбаланс функционального зонирования и дефицит социальной инфраструктуры. Несмотря на ввод новых объектов образования, сохраняется дефицит мест в детских садах и школах. Система здравоохранения находится в стадии формирования и не обеспечивает потребности населения в полном объеме.

4. Финансово-экономические ограничения. Высокая дотационность региона и преобладание в структуре доходов бюджета налога на доходы физических лиц создают высокую зависимость от уровня заработной платы. Значительная доля расходов бюджета направляется на содержание административного аппарата и благоустройство при недостаточном финансировании социальной инфраструктуры.

5. Выявленные «точки роста». Ключевыми зонами, требующими первоочередного проектного внимания, являются: долина р. Сунжа (потенциал рекреационного каркаса), территории вокруг Ингушского государственного университета (потенциал образовательно-инновационного кластера), зона «стыка» с Назранью (потенциал агломерационного развития) и въездные зоны (репрезентативный потенциал).

Полученные результаты служат основой для последующей разработки методики оценки градостроительного потенциала малых столичных городов и проектных предложений по комплексному развитию г. Магас.

Литература

1. Россман В.И. Столицы: их многообразие, закономерности развития и перемещения. — М.: Изд-во Института Гайдара, 2013. - 336 с.
2. Генеральный план МО «Городской округ город Магас Республики Ингушетия, Материалы по обоснованию внесения изменений в генеральный план, ООО «АРТ-ПРОЕКТ», 2024-URL: https://admmagas.ru/images/Материалы_по_обоснованию_в_текстовой форме compressed.pdf
3. Костко Н.А. Показатели городской идентичности как элемента социального пространства города // Журнал социологии и социальной антропологии. 2022. Т. XXV. № 1. С. 190–216.
4. Владимиров В.В., Наймарк Н.И., Субботин Г.В. и др. Районная планировка: Справочник проектировщика. — М.: Стройиздат, 1986. - 325 с.
5. Бочкарева Т.В. Градостроительный анализ малой столицы: оценка потенциала территории г. Магас на основе адаптированной методологии районной планировки // [название журнала]. — 2025. — № __.
6. Gehl J. Города для людей / пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2012. — 276 с.
7. Brdulak A., Brdulak H. Happy City — How to Plan and Create the Best Livable Area for the People. — Warsaw: Springer, 2017. — 318 p.
8. Аковецкий В.Г., Гутников В.А. Технологические аспекты цифровой экономики: от геоинформационной среды проекта через управляющее решение к управляющему воздействию.// Градостроительство. 2016. № 5 (45). С. 7-18.
9. Генеральный план городского округа «Город Магас». Утвержден решением Городского совета МО «Городской округ город Магас» от 05.05.2012 № 10/1-2.
10. Правила землепользования и застройки муниципального образования «Городской округ город Магас». — Магас, 2012.
11. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».-URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/118243/
12. Зукин Ш. Инновационный комплекс: Города, технологии и новая экономика / пер. с англ.; под науч. ред. В. Данилова. - М.: Изд-во Института Гайдара, 2023. - 360 с.
13. Медведев И.Р. Разрешение городских конфликтов. — М.: Инфотропик Медиа, 2017. — 372 с.
14. Джекобс Дж. Смерть и жизнь больших американских городов / пер. с англ. — М.: Новое издательство, 2011. - 460 с.
15. Линч К. Теория хорошей городской формы: пер. с англ. — М.: Стройиздат, 1986. - 264 с.
16. Методические основы разработки генеральной схемы расселения на территории СССР /Под ред. Ф.М. Листенгурта и Г.С. Юсина. М.:Стройиздат, 1982. -214 с.

Urban development analysis of a small capital city: assessing potential and structural issues in Magas

Bochkareva T.V.

Central Research Institute of Urban Development, Ministry of Construction of the Russian Federation

JEL classification: L61, L74, R53

This article presents the results of an urban planning analysis of the territory of Magas, the capital of the Republic of Ingushetia. The study follows an adapted methodology that synthesizes the principles of regional planning with contemporary approaches to urban development assessment. Based on the analysis of the general plan, land use and building regulations, the Strategy for Socio-Economic Development until 2030, and field surveys, structural imbalances in the city's spatial organization were identified: a disconnect between its capital status and the quality of the urban environment, unrealized agglomeration potential, an imbalance in functional zoning, and a deficit of recreational spaces. Special attention is paid to the financial and economic aspects of urban development. "Growth points" and key areas requiring priority design attention are identified. The results of the analysis serve as a basis for developing a methodology for assessing urban planning potential and formulating design recommendations.

Keywords: urban planning analysis, Magas, capital city, regional planning, functional zoning, agglomeration, urban planning potential, general plan, subsidized region.

References

1. Rossman V.I. Capitals: their diversity, patterns of development and relocation. — M.: Publishing House of the Gaidar Institute, 2013. - 336 p.
2. General Plan of the Municipal Formation "City District of Magas, Republic of Ingushetia", Materials on Justification of Amendments to the General Plan, LLC "ART-PROJECT", 2024-URL: https://admmagas.ru/images/Materials_on_justification_in_text_form_compressed.pdf
3. Kostko N.A. Indicators of Urban Identity as an Element of the City's Social Space // Journal of Sociology and Social Anthropology. 2022. Vol. XXV. No. 1. Pp. 190–216.
4. Vladimirov V.V., Naimark N.I., Subbotin G.V., et al. District Planning: A Designer's Handbook. Moscow: Stroyizdat, 1986. 325 p.
5. Bochkareva T.V. Urban planning analysis of a small capital: assessment of the territory potential of Magas based on the adapted methodology of district planning // [name of the journal]. – 2025. – No. __. – P. –.
6. Gehl J. Cities for people / translated from English. – M.: Alpina Publisher, 2012. – 276 p.
7. Brdulak A., Brdulak H. Happy City — How to Plan and Create the Best Livable Area for the People. — Warsaw: Springer, 2017. — 318 p.
8. Akovetsky V.G., Gutnikov V.A. Technological Aspects of the Digital Economy: From the Geoinformation Environment of a Project through a Management Solution to a Management Impact.// Urban Planning. 2016. No. 5 (45). Pp. 7-18.
9. General Plan of the City District "City of Magas". Approved by the decision of the City Council of the Municipal Formation "City District of the City of Magas" dated 05.05.2012 No. 10/1-2.
10. Rules of Land Use and Development of the Municipal Formation "City District of the City of Magas". — Magas, 2012.
11. SP 131.13330.2020 "SNiP 23-01-99* Construction Climatology".-URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/118243/
12. Zukin Sh. Innovative Complex: Cities, Technologies, and the New Economy / Translated from English; edited by V. Danilov. - Moscow: Gaidar Institute Press, 2023. - 360 p.
13. Medvedev, I.R. Resolving Urban Conflicts. - Moscow: Infotropic Media, 2017. - 372 p.
14. Jacobs, J. The Death and Life of Great American Cities / translated from English. — Moscow: Novoye Izdatelstvo, 2011. — 460 p.
15. Lynch, K. The Theory of Good City Form: Translated from English. — Moscow: Stroyizdat, 1986. — 264 p.
16. Methodological Foundations for Developing a General Settlement Scheme in the USSR / Edited by F.M. Listengurt and G.S. Yusin. Moscow: Stroyizdat, 1982. 214 p.

Методика оценки градостроительного потенциала территории малой столицы (на примере г. Магас)

Бочкарева Татьяна Владимировна
аспирант, ЦНИИП Минстроя России, Tbochkareva4612@gmail.com

Предложена авторская методика оценки градостроительного потенциала территории малой столицы, апробированная на примере г. Магас – столицы Республики Ингушетия. Методика включает шесть этапов: анализ градостроительной документации, инженерно-геологическое зонирование, оценку агломерационной связанности, функционально-планировочную диагностику, инфраструктурный аудит и синтез «точек роста». На основе апробации выделены пять приоритетных зон города (долина р. Сунжа, территория вокруг ИнгГУ, зона стыка с Назранью, въездные зоны, микрорайоны 28–30). Методика может быть тиражирована для других малых столичных городов РФ.
Ключевые слова: градостроительный потенциал, методика оценки, малые столицы, город Магас, районная планировка, точки роста, функциональное зонирование.

Введение

Практика градостроительного проектирования в малых столичных городах России обнаруживает устойчивый разрыв между декларируемым столичным статусом и реальным качеством городской среды. Магас – самый молодой столичный город страны – демонстрирует этот разрыв с особой наглядностью: при высоких темпах жилищного строительства сохраняется острый дефицит школ и поликлиник, инженерные сети изношены на 70–100%, а единственный въезд в город не справляется с потоками транспорта. Однако масштабных инвестиций, способных решить все проблемы одновременно, ни городской, ни республиканский бюджет не имеют. Возникает необходимость инструмента, который позволил бы из множества проблем выделить те, воздействуя на которые можно получить максимальный эффект при ограниченных ресурсах.

Такой инструмент – методика оценки градостроительного потенциала территории. В отличие от классических схем районной планировки [1], ориентированных на размещение промышленности и «привязку» ведомственных объектов, предлагаемая методика нацелена на диагностику внутригородских зон с точки зрения их способности стать точками опережающего развития и потянуть за собой остальную территорию. В статье излагается алгоритм, его апробация на материалах Магаса и обсуждаются границы применимости.

Методика

Методика построена как последовательность из шести аналитических блоков, каждый из которых даёт входные данные для последующего синтеза. Блок-схема всей процедуры приведена на рис. 1.

Блок 1 – Анализ градостроительной документации.

Фиксируется степень соответствия Генерального плана фактическим параметрам (численность населения, жилой фонд), наличие утверждённых проектов планировки (ППТ) по микрорайонам, расхождения между функциональным зонированием Генплана и ПЗЗ, синхронизация стратегических документов с реальными сроками строительства. На выходе – коэффициент документарной обеспеченности территории.

Блок 2 – Инженерно-геологическое зонирование.

На основе нормативных документов (СП 14, СП 22, СП 116) и изысканий выделяются зоны с особыми условиями использования: высокая сейсмичность (8–9 баллов), просадочные грунты, оползневые склоны, водоохранные зоны, зоны подтопления, приаэродромная территория. Территория города разделяется на пригодную для всех видов строительства, условно-пригодную (требующую инженерной подготовки) и непригодную (запрет капитального строительства).

Блок 3 – Оценка агломерационной связанности.

Рассчитываются показатели: доля населения агломерации в численности региона, плотность маятниковой миграции между Магасом и Назранью, количество маршрутов общественного транспорта, время в пути до ключевых центров. Интегральный индекс агломерационной связанности (от 0 до 100) позволяет оценить, насколько город «встроен» в региональную систему расселения.

Блок 4 – Функционально-планировочная диагностика.

Для каждого микрорайона или выделенного планировочного района определяются: степень монофункциональности (доля территории, занятая однотипными объектами), плотность застройки (фактическая vs нормативная), обеспеченность озеленёнными территориями общего пользования, пешеходная доступность общественного центра (в минутах ходьбы). Результат – карта функциональных дисбалансов.

Блок 5 – Инфраструктурный аудит.

По каждой позиции (детские сады, школы, поликлиники, водопровод, канализация, дорожная сеть) фиксируются: дефицит/избыток мощностей в натуральных единицах, процент износа сетей, доля населения, охваченная услугами. Сводная таблица дефицитов позволяет визуализировать наиболее «узкие места».

Блок 6 – Синтез «точек роста».

На основе данных блоков 1–5 строится матрица, где для каждой кандидатной зоны оцениваются три параметра: острота проблемы (сочетание высоких дефицитов и ограничений), потенциал воздействия (способность одного проектного решения затронуть несколько проблем) и финансовая реализуемость (наличие федеральных/региональных программ, инвесторов). Зоны ранжируются, и для верхних позиций формулируются проектные гипотезы.

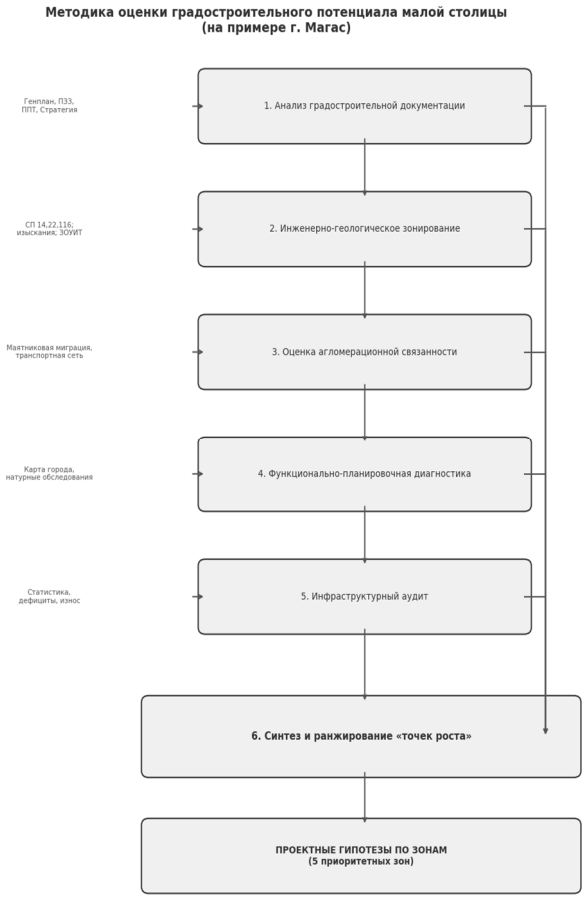


Рис. 1 – Логическая последовательность оценки градостроительного потенциала малой столицы (по данным г. Магас)

Апробация методики на примере г. Магас

Методика была применена к территории г. Магас с использованием следующих данных: Генеральный план 2024 г. [2], Стратегия социально-экономического развития до 2030 г. [3], натурные обследования 2024–2025 гг., данные Росстата и ЕГРН. Все шесть блоков были пройдены последовательно; ниже приведены ключевые результаты, послужившие основой для синтеза.

Блоки 1–2 показали, что Генеральный план 2024 г. в целом соответствует современным требованиям, но лишь треть микрорайонов имеет утверждённые ППТ, а ПЗЗ не приведены в соответствие с функциональным зонированием. Инженерно-геологические ограничения (сейсмичность 8–9 баллов, просадочность грунтов, водоохранная зона р. Сунжа, зоны подтопления) делают непригодным для капитального строительства около 15% территории (главным образом – прибрежную полосу).

Блок 3 зафиксировал высокую агломерационную связанность ядра Магас – Назрань (ежедневная маятниковая миграция охватывает не менее 30% работающих жителей) и слабую связь с периферийными городами (Карабулак, Сунжа). Индекс агломерационной связанности составил 62 балла из 100, что говорит о нереализованном потенциале кооперации.

Блок 4 выявил выраженную монофункциональность административного центра (микрорайоны 4–6): доля офисных зданий превышает 80%, объекты шаговой доступности почти отсутствуют, что делает центр «мёртвым» после 18 часов. В многоэтажных жилых микрорайонах (7, 10, 11, 12) плотность застройки достигает 400–450 чел./га при нормативной 273 чел./га, а доля озеленения не превышает 5–7% (норма – 25%). Пешеходная доступность общественного центра из микрорайонов 15, 16, 18 превышает 30 минут – при норме 15 минут для города такой величины.

Блок 5 зафиксировал критический дефицит мест в школах (–3119 мест) и детских садах (–331 место), полное отсутствие поликлиник общего профиля и станции скорой помощи, износ канализационных сетей 100% и водопроводных – более 70%, дефицит мощности очистных сооружений – 76%. Также зафиксирована высокая доля бюджета, расходуемая на благоустройство (38,9%) и содержание администрации (32,3%).

Блок 6 (синтез) позволил на основе матрицы ранжирования выделить пять зон с интегральным приоритетом выше среднего. Сводные оценки по трём параметрам для каждой зоны представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка приоритетных зон г. Магас по критериям синтеза (в баллах: 1 – низкий, 5 – высокий)

Зона	Острота проблемы	Потенциал воздействия	Финансовая реализуемость	Интегральный приоритет
Долина р. Сунжа	5	5	4 (федеральные водные программы)	высший
ИнгГУ – кампус	4	5	3 (требуется софинансирование)	высокий
Стык с Назранью (ТПУ)	4	4	4 (ДОМ.РФ, федеральные дорожные средства)	высокий
Въездные зоны (Аланские ворота)	3	3	2 (в основном муниципальный бюджет)	средний
Микрорайоны 28–30 (новая застройка)	3	5	2 (требуется частный инвестор)	высокий (при условии опережающей инфраструктуры)

Источник: расчёты автора по материалам [2; 3] и натурных обследований.

В результате ранжирования были сформулированы пять проектных гипотез, каждая из которых адресована конкретной зоне:

– Долина р. Сунжа – создание непрерывной набережной с веломаршрутами, парковыми зонами и точками общественного питания; строительство очистных сооружений дождевого стока и завершение берегоукрепления.

– ИнгГУ – формирование единого кампуса: концентрация учебных корпусов, строительство технопарка, студенческого жилья и спортивных объектов на территории между проспектом Зязикова и рекой.

– Стык с Назранью – транспортно-пересадочный узел с перехватывающей парковкой, автовокзалом и логистическим центром (первый шаг к согласованному развитию агломерации).

– Въездные зоны – благоустройство площади у Аланских ворот (гостиница, кафе, туристско-информационный центр, смотровая площадка).

– Микрорайоны 28–30 – пилотный проект полифункциональной застройки с встроенными на первых этажах сервисами, подземными паркингами и озеленёнными дворами; опережающее проектирование инженерной и социальной инфраструктуры.

Обсуждение границ применимости и дальнейшего развития

Предложенная методика не требует сложного математического моделирования и может быть реализована силами муниципальной администрации при привлечении профильных экспертов. Её главная ценность – в формализации процедуры выбора проектных приоритетов, которая обычно осуществляется либо интуитивно, либо под давлением ведомственных интересов. Методика заставляет явно прописывать допущения, что делает процесс прозрачным и воспроизводимым.

Вместе с тем, методика имеет несколько ограничений. Во-первых, она опирается на экспертные оценки по критериям «острота проблемы» и «потенциал воздействия», что субъективно. Для снижения субъективизма рекомендуется привлекать группу из трёх-пяти экспертов (градостроитель, экономист, эколог, представитель администрации, житель) и усреднять оценки. Во-вторых, финансовая реализуемость оценивается весьма укрупнённо; на следующих стадиях требуется детальный расчёт бюджетной эффективности каждого проекта.

Дальнейшее развитие методики видится в двух направлениях. Первое – цифровая реализация в виде ГИС-модуля, где все исходные данные (функциональное зонирование, инфраструктурные дефициты, ограничения) наносятся на карту, а расчёт интегрального приоритета происходит автоматически по задаваемым весам. Второе – адаптация методики для других малых столичных городов РФ (Майкоп, Черкесск, Йошкар-Ола, Горно-Алтайск), что позволит выявить общие закономерности и выработать типовые рекомендации.

Выводы

Разработанная методика оценки градостроительного потенциала малой столицы позволяет в условиях ограниченных данных и ресурсов системно выявить наиболее «болевые» точки городской территории и

обосновать приоритеты проектного развития. Апробация на материале г. Магас дала конкретный результат – выделение пяти зон первоочередного вмешательства, для которых сформулированы проектные гипотезы. Методика может быть использована администрацией города при актуализации Генерального плана и разработке проектов планировки, а также тиражирована для других малых столичных городов России.

Литература

1. Владимиров В.В., Наймарк Н.И., Субботин Г.В. и др. Районная планировка: Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1986. – 325 с.
2. Генеральный план муниципального образования «Городской округ город Магас» Республики Ингушетия. Материалы по обоснованию внесения изменений в генеральный план. – Владикавказ: ООО «АРТ-ПРОЕКТ», 2024. – 201 с.
3. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования «Городской округ город Магас» на период до 2030 года. – Магас: Администрация МО «Городской округ город Магас», 2017. – 100 с.
4. Gehl J. Города для людей / пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 276 с.
5. Brdulak A., Brdulak H. Happy City – How to Plan and Create the Best Livable Area for the People. – Warsaw: Springer, 2017. – 318 p.

Methodology for Assessing the Urban Development Potential of a Small Capital City (Case Study of Magas)

Bochkareva T.V.

Central Research Institute of Urban Development, Ministry of Construction of the Russian Federation

JEL classification: L61, L74, R53

The author proposes an original methodology for assessing the urban development potential of a small capital city, tested on the case of Magas — the capital of the Republic of Ingushetia. The methodology comprises six stages: analysis of urban planning documentation, engineering-geological zoning, assessment of agglomeration connectivity, functional-planning diagnostics, infrastructure audit, and synthesis of "growth points." Based on the case study, five priority zones within the city were identified (the Sunzha River valley, the area around Ingush State University, the junction zone with Nazran, gateway areas, and residential microdistricts 28–30). The methodology can be replicated for other small capital cities of the Russian Federation.

Keywords: urban development potential, assessment methodology, small capitals, city of Magas, regional planning, growth points, functional zoning.

References

1. Vladimirov V.V., Naimark N.I., Subbotin G.V. et al. District Planning: Designer's Handbook. – M.: Stroyizdat, 1986. – 325 p.
2. General Plan of the Municipal Formation "City District of Magas" of the Republic of Ingushetia. Materials on Justification of Amendments to the General Plan. – Vladikavkaz: ART-PROJEKT LLC, 2024. – 201 p.
3. The Strategy of Social and Economic Development of the Municipal Formation “City District of Magas” for the period up to 2030. – Magas: Administration of the Municipal Formation “City District of Magas”, 2017. – 100 p.
4. Gehl J. Cities for People / translated from English. – Moscow: Alpina Publisher, 2012. – 276 p.
5. Brdulak A., Brdulak H. Happy City – How to Plan and Create the Best Livable Area for the People. – Warsaw: Springer, 2017. – 318 p.

Исследование современных энергоэффективных технологических решений при реконструкции систем теплоснабжения многоэтажного жилого здания

Кустикова Юлия Олеговна
к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, yulia.kustikowa@yandex.ru,

Бубырь Артем Александрович
магистрант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, tema@abubyr.ru

Реконструкция систем теплоснабжения многоквартирных домов в северных климатических условиях должна рассматриваться не как локальная замена трубопроводов, а как комплекс организационно-технических мероприятий, сочетающий восстановление надежности, снижение эксплуатационных потерь и повышение управляемости теплопотребления. Необходимость такого подхода обусловлена требованиями Федеральных законов № 190-ФЗ «О теплоснабжении» и № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», а также актуальными нормативными документами по отоплению, тепловой защите, теплоизоляции оборудования и строительной климатологии.

В статье выполнено исследование современных энергоэффективных технологических решений, применимых при реконструкции систем теплоснабжения многоэтажного жилого здания, с учетом условий северного климата и фактического состояния изношенного жилого фонда. Актуальность работы определяется тем, что значительная часть многоквартирных домов эксплуатирует физически и морально устаревшие внутридомовые системы отопления и горячего водоснабжения, для которых характерны повышенные теплопотери, коррозионный износ трубопроводов, недостаточная управляемость теплового режима и рост эксплуатационных затрат.

В качестве практической базы использованы данные технического обследования многоквартирного дома, расположенного в г. Надыме. По результатам обследования установлены ограниченно-работоспособное состояние систем отопления и горячего водоснабжения, повреждения теплоизоляции до 65 %, коррозионное поражение трубопроводов до 67 %, следы ремонтов и физический износ 61 %, что требует полной замены общедомовых сетей. На основе обследования и расчетных допущений построена модель оценки остаточной толщины трубопроводов, коррозионного износа, теплопотерь, гидравлического режима, потенциала энергосбережения и эффективности реконструкционных мероприятий.

На основе исходных данных выполнена расчетная оценка остаточной толщины трубопроводов, коррозионного износа, теплопотерь, гидравлического режима и потенциала энергосбережения. Рассмотрены модернизация индивидуального теплового пункта, погодозависимое регулирование, гидравлическая балансировка, применение частотно-регулируемых насосов, восстановление теплоизоляции, замена изношенных трубопроводов и использование регулирующей арматуры.

Показано, что для рассматриваемого объекта наиболее рациональным является комплексное решение, включающее модернизацию ИТП, замену дефектных трубопроводов, восстановление теплоизоляции и гидравлическую балансировку. Такой подход обеспечивает повышение эксплуатационной надежности, снижение непроизводительных теплопотерь и улучшение управляемости системы теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение, многоквартирный дом, энергоэффективность, реконструкция, индивидуальный тепловой пункт, погодозависимое регулирование, гидравлическая балансировка, тепловые насосы, конденсационные котлы, рекуперация, теплопотери, тепловая защита здания.

Введение

Повышение энергетической эффективности жилищного фонда является одной из базовых задач современной системы теплоснабжения в России. Федеральный закон № 190-ФЗ задает правовые основы функционирования систем теплоснабжения, а Федеральный закон № 261-ФЗ ориентирует собственников, эксплуатирующие организации и проектировщиков на снижение потерь и рациональное использование энергетических ресурсов. На уровне технического регулирования эта задача конкретизируется через требования по параметрам систем отопления, тепловой защите зданий, теплоизоляции оборудования и трубопроводов, а также по климатическим данным для теплотехнических расчетов [1-3].

Для северных регионов, в том числе для условий Ямало-Ненецкого автономного округа, проблема реконструкции систем теплоснабжения особенно актуальна из-за длительного отопительного периода и низких расчетных температур наружного воздуха. По актуализированным климатическим данным для г. Надыма температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 составляет минус 45 °С, а продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже 8 °С достигает 273 суток при средней температуре этого периода около минус 11,0 °С [3]. Такие условия повышают чувствительность зданий к дефектам теплового контура, повреждениям теплоизоляции, гидравлической разбалансировке и неэффективному регулированию теплопотребления.

Практическая значимость исследования подтверждается результатами технического обследования дома по адресу: ЯНАО, г. Надым, ул. Ямальская, д. 10в. В объекте выявлены повреждения теплоизоляции трубопроводов до 65 %, коррозия, следы ремонтов, неудовлетворительное состояние опор, ограниченно-работоспособное состояние общедомовых сетей и физический износ 61 %. Наличие индивидуального теплового пункта определяет необходимость выбора оптимальной стратегии реконструкции существующей системы.

Современные исследования показывают, что наибольший эффект достигается при комплексном применении погодозависимого регулирования, гидравлической балансировки, восстановления теплоизоляции, локального термостатирования и модернизации ИТП [4–7]. Дополнительно могут рассматриваться квартирные тепловые пункты, рекуперация теплоты, конденсационные котлы и тепловые насосы, однако их целесообразность зависит от схемы теплоснабжения, климата, технического состояния здания и капитальных затрат [7–9].

Научные публикации подтверждают, что реконструкцию следует оценивать по совокупности технических, энергетических, гидравлических и эксплуатационных показателей. Модернизация ИТП и автоматизация регулирования позволяют снижать расход сетевой воды, улучшать циркуляцию ГВС и повышать комфортность помещений [4–6].

Целью статьи является оценка современных энергоэффективных решений при реконструкции систем теплоснабжения многоэтажного жилого здания на основе нормативных требований, научных публикаций и расчетов для выбранного объекта.

Материалы и методы

Исследование выполнено как комплексная инженерно-аналитическая оценка энергоэффективных решений, применяемых при реконструкции систем теплоснабжения многоэтажных жилых зданий. Методика включает нормативный анализ, визуально-инструментальное обследование, расчет тепловых и гидравлических параметров, оценку физического износа и сравнение вариантов реконструкции. Такой подход позволяет рассматривать реконструкцию не только как замену изношенных трубопроводов, но и как повышение энергоэффективности здания за счет автоматизации, балансировки, модернизации ИТП, восстановления теплоизоляции и внедрения учета.

Материалами исследования послужили проектные и эксплуатационные сведения о системах отопления и горячего водоснабжения, результаты осмотра трубопроводов, арматуры, теплоизоляции, опор и узлов прохода через строительные конструкции, а также данные инструментальных измерений температуры, геометрических параметров и остаточной толщины стенок труб. В качестве прикладной базы использованы результаты технического обследования внутренних систем отопления и ГВС многоэтажного жилого здания в г. Надыме.

Нормативно-методическая база сформирована с учетом требований к обследованию зданий, проектированию внутренних систем теплоснабжения, устройству систем отопления и ГВС, тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, а также энергосбережению в жилищном фонде [10–17]. При оценке толщинометрии учтены требования ГОСТ ISO 16809-2022 [14].

Методика включала сбор исходных данных, визуальное обследование системы, инструментальные измерения, классификацию дефектов по влиянию на надежность и энергоэффективность, а также последующую расчетную оценку. Температура трубопроводов фиксировалась для выявления участков повышенных теплопотерь, геометрические параметры определялись измерительным инструментом, а остаточная толщина металлических труб — ультразвуковым методом.

Для оценки коррозионного износа, теплопотерь трубопроводов и эффекта применения частотно-регулируемых насосов использованы следующие расчетные зависимости.

Среднее значение остаточной толщины стенки трубопровода определялось по формуле (1):

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \delta_i \qquad (1)$$

где $\bar{\delta}$— средняя остаточная толщина стенки, мм; δ_i— измеренная толщина стенки в i-й точке, мм; n— число измерений.

Локальная глубина коррозионного поражения определялась по минимальной зафиксированной остаточной толщине стенки по формуле (2):

$$K_{\text{лок}} = \frac{\delta_0 - \delta_{\min}}{\delta_0} \cdot 100 \qquad (2)$$

где $K_{\text{лок}}$— локальная глубина коррозионного поражения, %; $\delta_{\min}$— минимальная зафиксированная остаточная толщина стенки, мм. Использование минимального значения позволяет учитывать наиболее неблагоприятный участок трубопровода и снижает риск завышения остаточного ресурса системы.

Линейные теплопотери неизолированного трубопровода рассчитывались по формуле (3):

$$q_{\text{без}} = \pi \cdot \alpha_0 \cdot d_1 \cdot (T_w - T_a) \qquad (3)$$

где $q_{\text{без}}$— линейные теплопотери неизолированного трубопровода, Вт/м; α_0— коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности, Вт/(м²·°С); d_1— наружный диаметр трубы, м; T_w— расчетная температура поверхности трубы или теплоносителя, °С; T_a— температура окружающего воздуха, °С.

Для трубопровода с цилиндрическим слоем тепловой изоляции тепловой поток через изоляцию оценивался по формуле (4):

$$q_{\text{из}} = \frac{2\pi(T_w - T_a)}{\frac{\ln(d_2/d_1)}{\lambda_i} + \frac{2}{\alpha_0 d_2}} \qquad (4)$$

где $q_{\text{из}}$— линейные теплопотери изолированного трубопровода, Вт/м; d_2— наружный диаметр слоя изоляции, м; λ_i— коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, Вт/(м·°С). Расчет использовался для обоснования восстановления или замены теплоизоляции, особенно на магистралях в подвалах, технических этажах и неотапливаемых помещениях [16].

Относительное снижение теплопотерь после восстановления изоляции определялось по формуле (5):

$$\eta_q = \frac{q_{\text{без}} - q_{\text{из}}}{q_{\text{без}}} \cdot 100 \qquad (5)$$

где η_q— относительное снижение теплопотерь, %.

Для оценки влияния частотного регулирования насосов применялись законы подобия центробежных насосов. Относительное изменение потребляемой мощности рассчитывалось по формуле (6):

$$\frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \qquad (6)$$

где N_1и N_2— потребляемая мощность насоса до и после изменения частоты вращения, Вт; n_1и n_2— частота вращения рабочего колеса до и после регулирования, об/мин.

Методика исследования включала нормативный анализ, визуально-инструментальное обследование, расчет остаточной толщины трубопроводов, оценку теплопотерь, гидравлический анализ и технико-экономическое сопоставление вариантов реконструкции. Полученные данные использовались для выбора комплекса энергоэффективных мероприятий: модернизации ИТП, восстановления теплоизоляции, замены изношенных трубопроводов, гидравлической балансировки и применения частотно-регулируемых насосов.

Для итогового выбора варианта реконструкции применялся интегральный показатель эффективности по формуле (7):

$$R = \sum_{j=1}^{m} w_j \cdot x_j \qquad (7)$$

где R — интегральная оценка варианта реконструкции; w_j — вес j-го критерия; x_j — нормированное значение j-го критерия; m — число критериев. В качестве критериев принимались снижение теплопотребления, повышение надежности, уменьшение аварийности, срок окупаемости, сложность внедрения, ремонтопригодность и соответствие нормативным требованиям. Приоритетным признавался вариант, который одновременно обеспечивал снижение тепловых потерь, стабилизацию гидравлического режима, повышение управляемости системы и приемлемый срок окупаемости.

Таким образом, методика исследования позволяет комплексно оценить исходное состояние систем теплоснабжения многоэтажного жилого здания и обосновать набор современных энергоэффективных решений. Ее практическая ценность состоит в том, что результаты обследования напрямую связываются с расчетами тепловой нагрузки, тепловых потерь, гидравлического режима и экономического эффекта, что повышает достоверность проектных решений при реконструкции.

Результаты исследований

Результаты исследования сформированы на основании визуально-инструментального обследования внутренних систем отопления и горячего водоснабжения многоквартирного жилого здания, анализа остаточной толщины трубопроводов, оценки физического износа, а также расчетной проверки энергоэффективности реконструкционных мероприятий. Методическая база интерпретации результатов включает требования ГОСТ 31937-2024 к обследованию технического состояния зданий, ГОСТ 34059-2017 к устройству внутренних инженерных сетей, СП 60.13330.2020 к системам отопления и теплоснабжения, СП 30.13330.2020 к системам горячего водоснабжения и ГОСТ ISO 16809-2022 к ультразвуковому измерению толщины [10-14,16].

Обследуемая система представляет собой внутренние сети отопления и ГВС жилого здания с индивидуальным тепловым пунктом. Система отопления жилой части выполнена вертикальной, тупиковой, с нижней разводкой магистралей; трубопроводы в подвале частично теплоизолированы, а присоединение к наружным тепловым сетям осуществляется через ИТП. В ходе обследования зафиксированы расчетно значимые признаки старения: повреждение теплоизоляции трубопроводов ГВС до 65 %, коррозия трубопроводов до 67 %, следы ремонтов и замены участков до 40 %, неудовлетворительное состояние опор и креплений до 25 %, негерметичные проходы стояков через перекрытия до 75 %.

Для обобщения результатов обследования дефекты были сгруппированы по влиянию на надежность, гидравлическую устойчивость и энергоэффективность системы (табл.1). Такая группировка позволяет связать фактические повреждения с выбором реконструкционных мероприятий и с последующей расчетной оценкой эффекта.

Таблица 1

Систематизация выявленных дефектов внутренних сетей отопления и ГВС

Группа дефектов	Распространенность	Техническое последствие	Рекомендуемая мера
Повреждение теплоизоляции трубопроводов ГВС	до 65 %	рост теплопотерь, перегрев технических помещений, снижение энергетической эффективности	восстановление изоляции по СП 61.13330.2012
Коррозия трубопроводов	до 67 %	снижение остаточного ресурса, вероятность локальных течей и аварийных отключений	замена изношенных участков, антикоррозионная защита
Наросты, шлаковые отложения, капельные течи, следы ремонтов	до 40 %	увеличение гидравлического сопротивления и ухудшение циркуляции	промывка, балансировка, замена арматуры и труб
Коррозия и частичное отсутствие опор	до 25 %	дополнительные напряжения в трубопроводах, риск разгерметизации соединений	замена креплений и опорных элементов
Незаполненные проходы стояков через перекрытия	до 75 %	нарушение требований к узлам прохода и пожарно-технической надежности	герметизация эластичными негорючими материалами

Наиболее значимыми для реконструкции являются дефекты, одновременно влияющие на безопасность и энергоэффективность: коррозия

трубопроводов, повреждение теплоизоляции и нарушение герметичности узлов прохода. Расчетный интегральный показатель дефектности, определенный с учетом весовых коэффициентов, составил 58,1 %, что подтверждает необходимость комплексной модернизации системы.

Средняя остаточная толщина стенки трубопровода определялась по результатам пяти измерений на каждом контрольном участке. Расчет выполнен по формулам (1)–(3). В таблице 2 приведены результаты перерасчета данных толщинометрии. Помимо среднего значения рассчитан локальный показатель коррозии по минимальной зафиксированной толщине, так как именно локальные утонения чаще определяют риск аварийной разгерметизации трубопровода.

Таблица 2

Расчет остаточной толщины и коррозионного поражения трубопроводов

Трубопровод	Диаметр	δ_0, мм	Измеренные значения, мм	$\bar{\delta}$, мм	δ_{min}, мм	Ккор по $\bar{\delta}$, %	Клок по δ_{min}, %	Интерпретация
Т1	Ø57	5.50	4.73; 4.27; 4.40; 4.10; 4.89	4.48	4.10	18.6	25.5	допустимо по среднему и локальному признаку
Т2	Ø57	5.50	3.30; 2.96; 3.19; 3.38; 4.39	3.44	2.96	37.4	46.2	допустимо по среднему и локальному признаку
Т3	Ø32	2.80	1.83; 0.73; 2.14; 1.06; 2.08	1.57	0.73	44.0	73.9	критический локальный участок

Средние значения коррозионного износа для трубопроводов Т1, Т2 и Т3 составляют соответственно 18,6 %, 37,4 % и 44,0 %. При этом для трубопровода Т3 выявлено локальное утонение стенки до 0,73 мм, что соответствует локальному поражению 73,9 % от номинальной толщины. Следовательно, отдельные участки имеют критический характер износа и требуют первоочередной замены.

Физический износ внутренних систем инженерного оборудования был интерпретирован по признакам СП 547.1325800.2025: наличие коррозии, следов ремонтов, частичных замен, повреждений теплоизоляции и эксплуатационных дефектов [17]. По данным обследования, итоговый физический износ систем отопления и ГВС составляет 61 %, что соответствует необходимости полной замены общедомовых сетей. Для дополнительной аналитической оценки рассчитан интегральный показатель дефектности по формуле (8):

$$I_д = \frac{\sum p_i \cdot w_i}{\sum w_i} \quad (8)$$

где $I_д$ — интегральный показатель дефектности, %; p_i — распространенность i-го дефекта, %; w_i — весовой коэффициент значимости дефекта для надежности и энергоэффективности системы.

Дополнительная расчетная оценка показала, что интегральный показатель дефектности системы составляет 58,1 %, что близко к установленному физическому износу 61 %. Это подтверждает вывод о невозможности восстановления системы только локальными ремонтными мероприятиями.

Энергоэффективность реконструкции оценивалась по трем направлениям: снижение теплопотерь трубопроводов за счет восстановления теплоизоляции, уменьшение электрической мощности насосного оборудования за счет частотного регулирования и стабилизация теплового режима за счет автоматизированного ИТП с погодозависимым регулированием. Расчет тепловых потерь выполнен как удельная оценка для 1 м трубопровода Ø57 мм, поскольку фактическая протяженность всех участков в обследовании не приведена. Для проектной стадии формулы (6)–(9) применяются с фактическими длинами трубопроводов по исполнительной схеме [11, 16].

Для сопоставительного расчета приняты следующие условия: $d_1 = 0{,}057$м, толщина изоляции 0,04 м, $d_2 = 0{,}137$м, $\lambda_i = 0{,}041$Вт/(м·°С), $\alpha_0 = 10$Вт/(м²·°С), $T_w = 90$°С, $T_a = 5$°С. Температурный режим выбран в диапазоне фактически зафиксированных значений на трубопроводах ГВС и отопления [7]. Для количественной оценки энергетического эффекта восстановления теплоизоляции был выполнен расчет удельных теплопотерь трубопровода Ø57 мм до и после устройства изоляционного слоя; результаты расчета представлены в таблице 3.

Восстановление теплоизоляции трубопровода Ø57 мм снижает удельные теплопотери с 152,2 до 23,4 Вт/м, то есть на 84,6 %. С учетом повреждения теплоизоляции до 65 % данное мероприятие следует отнести к первоочередным наряду с заменой корродированных участков [16].

Дополнительный энергосберегающий эффект достигается за счет замены циркуляционных насосов на насосы с частотным регулированием. При снижении средней частоты вращения до 80 % от номинальной расчетная электрическая мощность насоса составляет $N_2/N_1 = 0,8^3 = 0{,}512$, а потенциальное снижение электропотребления — около 48,8 %. Практический эффект зависит от фактического графика циркуляции, гидравлической балансировки стояков и настроек автоматики ИТП [11, 12, 18].

Таблица 3

Удельная оценка снижения теплопотерь при восстановлении теплоизоляции

Показатель	Обозначение	Расчетное значение	Интерпретация
Теплопотери неизолированного трубопровода Ø57 мм	$q_{без}$	152,2 Вт/м	базовое состояние при поврежденной или отсутствующей изоляции
Теплопотери после восстановления изоляции 40 мм	$q_{из}$	23,4 Вт/м	состояние после реконструкции по СП 61.13330.2012
Снижение удельных теплопотерь	η_q	84,6 %	расчетный потенциал энергосбережения на поврежденных участках
Годовая экономия на 1 м при τ = 6000 ч/год	$\Delta Q_{уд}$	773 кВт·ч/м·год (0,66 Гкал/м·год)	показатель для масштабирования на фактическую длину поврежденных участков

Сопоставление исходного состояния системы и ожидаемого эффекта реконструкции показывает, что первоочередными мероприятиями должны быть замена корродированных трубопроводов, восстановление теплоизоляции, модернизация ИТП, установка насосов с частотным регулированием и гидравлическая балансировка. Замена участков с критическим локальным утонением стенки снижает аварийность, восстановление теплоизоляции уменьшает удельные теплопотери до 84,6 %, а частотное регулирование насосов позволяет сократить потребление электроэнергии на циркуляцию теплоносителя.

Полученные результаты согласуются с современными исследованиями, подтверждающими эффективность модернизации ИТП, автоматического регулирования и гидравлической балансировки систем теплоснабжения [4, 18]. Для обследуемого здания – это особенно важно, поскольку локальный износ трубопровода Т3 достигает 73,9 %, что исключает возможность восстановления системы только за счет точечного ремонта.

Наиболее рациональным решением является комплексная реконструкция, включающая замену изношенных трубопроводов, восстановление теплоизоляции, модернизацию ИТП, установку насосов с частотным регулированием, балансировку стояков и погодозависимое регулирование. Более капиталоемкие мероприятия, такие как утепление ограждающих конструкций, рекуперация теплоты и применение теплонасосных систем, целесообразно рассматривать как второй этап модернизации [7, 9, 19].

Таким образом, технические дефекты системы имеют системный характер, а расчетные показатели подтверждают необходимость капитального ремонта общедомовых систем отопления и горячего водоснабжения.

Заключение

Выполненное исследование показало, что реконструкция систем теплоснабжения многоэтажного жилого здания должна рассматриваться как комплексная инженерная модернизация, направленная на снижение тепловых потерь, повышение надежности эксплуатации и обеспечение регулируемого теплопотребления. Наибольший эффект достигается при сочетании замены изношенных трубопроводов, восстановления нормативной теплоизоляции, модернизации автоматизированного ИТП, гидравлической балансировки, применения регулирующей арматуры и насосов с частотным управлением.

По результатам обследования здания по адресу: ЯНАО, г. Надым, ул. Ямальская, д. 10в, установлены выраженные признаки физического и морального износа систем отопления и горячего водоснабжения: повреждение теплоизоляции до 65 %, коррозионное поражение трубопроводов до 67 %, неудовлетворительное состояние опор и креплений, следы ремонтов и частичной замены участков. Остаточная толщина стенки трубопровода Т3 составила в среднем 1,57 мм при исходной толщине 2,8 мм, а общий физический износ систем достиг 61 %, что соответствует ограниченно-работоспособному состоянию.

Полученные результаты подтверждают необходимость капитального ремонта с элементами энергетической реконструкции. Наиболее

обоснованным для рассматриваемого здания является комплексный вариант модернизации, включающий замену изношенных трубопроводов, восстановление теплоизоляции, модернизацию ИТП, балансировку системы и установку частотно-регулируемых насосов. Такой подход позволяет повысить надежность инженерных сетей, сократить непроизводительные теплопотери и улучшить управляемость системы теплоснабжения.

Литература

1. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
2. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. СП 131.13330.2025. Строительная климатология. Москва: Минстрой России, 2025.
4. Горинов Ю.А., Анисимов П.Н. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения модернизацией ИТП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 3. С. 101–111. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-3-101-111.
5. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В. Работа системы теплоснабжения при поэтапном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 1–2. С. 31–40.
6. Lin X., Tian Z., Lu Y., Niu J., Cao Y. An energy performance assessment method for district heating substations based on energy disaggregation // Energy and Buildings. 2022. Vol. 255. Article 111615. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111615.
7. Weinberger G., Moshfegh B. Techno-economic investigation of the potential for energy efficiency measures of multi-story apartment buildings at cluster level using different district heating tariffs // Energy and Buildings. 2021. Vol. 236. Article 110758. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.110758.
8. СП 334.1325800.2017. Квартирные тепловые пункты в многоквартирных жилых домах. Правила проектирования. Москва: Минстрой России, 2017.
9. Siuta-Olcha A., Cholewa T., Gomółka M., Kołodziej P. et al. On the influence of decommissioning an area thermal substation in a district heating system on heat consumption and costs in buildings — Long term field research // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. Vol. 50. Article 101870. DOI: 10.1016/j.seta.2021.101870.
10. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: ФГБУ «Институт стандартизации», 2024.
11. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Москва: Минстрой России, 2020.
12. ГОСТ 34059-2017. Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство систем отопления, горячего и холодного водоснабжения. Общие технические требования. Москва: Стандартинформ, 2018.
13. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. Москва: Минстрой России, 2020.
14. ГОСТ ISO 16809-2022. Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль толщины. Москва: Росстандарт, 2026.
15. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. Москва: Минрегион России, 2012.
16. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. Москва: Минрегион России, 2012.
17. СП 547.1325800.2025. Здания жилые многоквартирные. Правила установления необходимости проведения капитального ремонта. Москва: Минстрой России, 2025
18. Rhee K.N., Shin M.S., Yeo M.S., Kim K.W. Development of an evaluation strategy of hydronic balancing valves for radiant floor heating systems // Building Services Engineering Research and Technology. 2015. Vol. 36. № 4. P. 422–438. DOI: 10.1177/0143624414557838
19. Селезнев А.Б., Трусов К.С. Повышение энергоэффективности при капитальном ремонте многоквартирных домов в Российской Федерации: методы и технологии // Прикладные экономические исследования. 2024. № 3. С. 50–57. DOI: 10.47576/2949-1908.2024.3.3.005.

Study of Modern Energy-Efficient Technological Solutions in the Reconstruction of Heat Supply Systems of a Multi-Storey Residential Building

Kustikova Yu.O., Bubyr A.A.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The reconstruction of heat supply systems in apartment buildings under northern climatic conditions should be considered not as a local replacement of pipelines, but as a set of organizational and technical measures combining the restoration of reliability, reduction of operational losses, and improvement of heat consumption controllability. The necessity of such an approach is determined by the requirements of Federal Law No. 190-FZ “On Heat Supply” and Federal Law No. 261-FZ “On Energy Saving and Improving Energy Efficiency”, as well as by current codes of practice for heating, thermal protection, equipment insulation, and construction climatology.

This article presents a study of modern energy-efficient technological solutions applicable to the reconstruction of heat supply systems in a multi-storey residential building, with a focus on northern climatic conditions and deteriorated housing stock. The practical basis of the study is formed by the data of a technical inspection of an actual apartment building located in the city of Nadym. According to the inspection results, the heating and domestic hot water systems were found to be in a limited serviceable condition; thermal insulation damage reached up to 65 %, corrosion damage to pipelines reached up to 67 %, traces of repairs were identified, and physical wear amounted to 61 %, which requires complete replacement of the common building networks. Based on the inspection data and calculation assumptions, a model was developed to assess residual pipeline thickness, corrosion wear, heat losses, hydraulic conditions, energy-saving potential, and the effectiveness of reconstruction measures.

Based on the initial data, a calculation assessment was carried out for the residual thickness of pipelines, corrosion wear, heat losses, hydraulic conditions, and energy-saving potential. The following measures were considered: modernization of the individual heating substation, weather-compensated control, hydraulic balancing, use of variable-frequency pumps, restoration of thermal insulation, replacement of worn pipelines, and use of control valves.

It is shown that, for the considered object, the most rational solution is a comprehensive approach including modernization of the individual heating substation, replacement of defective pipelines, restoration of thermal insulation, and hydraulic balancing. This approach improves operational reliability, reduces unproductive heat losses, and enhances the controllability of the heat supply system.

Keywords: heat supply, apartment building, energy efficiency, reconstruction, individual heating substation, weather-compensated control, hydraulic balancing, heat pumps, condensing boilers, heat recovery, heat losses, thermal protection of buildings.

References

1. Federal Law No. 190-FZ of July 27, 2010 “On Heat Supply”.
2. Federal Law No. 261-FZ of November 23, 2009 “On Energy Saving and Improving Energy Efficiency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation”.
3. SP 131.13330.2025. *Construction Climatology.* Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2025.
4. Gorinov Yu.A., Anisimov P.N. Improving the efficiency of district heating systems by modernizing individual heating substations // *Proceedings of Higher Educational Institutions. Energy Sector Problems.* 2022. Vol. 24. No. 3. P. 101–111. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-3-101-111.
5. Zvonareva Yu.N., Vankov Yu.V. Operation of a heat supply system during the phased implementation of automated individual heating substations // *Proceedings of Higher Educational Institutions. Energy Sector Problems*. 2017. Vol. 19. No. 1–2. P. 31–40.
6. Lin X., Tian Z., Lu Y., Niu J., Cao Y. An energy performance assessment method for district heating substations based on energy disaggregation // *Energy and Buildings*. 2022. Vol. 255. Article 111615. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111615.
7. Weinberger G., Moshfegh B. Techno-economic investigation of the potential for energy efficiency measures of multi-story apartment buildings at cluster level using different district heating tariffs // *Energy and Buildings.* 2021. Vol. 236. Article 110758. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.110758.
8. SP 334.1325800.2017. *Apartment Heating Substations in Multi-Apartment Residential Buildings. Design Rules*. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2017.
9. Siuta-Olcha A., Cholewa T., Gomółka M., Kołodziej P. et al. On the influence of decommissioning an area thermal substation in a district heating system on heat consumption and costs in buildings — Long-term field research // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022. Vol. 50. Article 101870. DOI: 10.1016/j.seta.2021.101870.
10. GOST 31937-2024. *Buildings and Structures. Rules for Inspection and Monitoring of Technical Condition*. Moscow: Federal State Budgetary Institution “Russian Institute for Standardization”, 2024.
11. SP 60.13330.2020. *Heating, Ventilation and Air Conditioning. Updated Edition of SNiP 41-01-2003*. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2020.
12. GOST 34059-2017. *Internal Engineering Networks of Buildings and Structures. Installation of Heating, Hot and Cold Water Supply Systems. General Technical Requirements.* Moscow: Standartinform, 2018.
13. SP 30.13330.2020. *Internal Water Supply and Sewerage of Buildings. Updated Edition of SNiP 2.04.01-85*.* Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2020.
14. GOST ISO 16809-2022. *Non-Destructive Testing. Ultrasonic Thickness Measurement.* Moscow: Rosstandart, 2026.
15. SP 124.13330.2012. *Heat Networks. Updated Edition of SNiP 41-02-2003.* Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2012.
16. SP 61.13330.2012. *Thermal Insulation of Equipment and Pipelines. Updated Edition of SNiP 41-03-2003*. Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2012.
17. SP 547.1325800.2025. *Multi-Apartment Residential Buildings. Rules for Determining the Need for Major Repairs*. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2025.
18. Rhee K.N., Shin M.S., Yeo M.S., Kim K.W. Development of an evaluation strategy of hydronic balancing valves for radiant floor heating systems // *Building Services Engineering Research and Technology*. 2015. Vol. 36. No. 4. P. 422–438. DOI: 10.1177/0143624414557838.
19. Seleznev A.B., Trusov K.S. Improving energy efficiency during major repairs of apartment buildings in the Russian Federation: methods and technologies // *Applied Economic Research*. 2024. No. 3. P. 50–57. DOI: 10.47576/2949-1908.2024.3.3.005.

Инновационный потенциал аддитивных технологий на основе серобетонных смесей в дорожном строительстве России

Семенов Георгий Иванович
аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), semenov19997@mail.ru,

Миронов Никита Сергеевич
аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), s-1323-mironov@yandex.ru,

Васильев Юрий Эммануилович
доктор технических наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), semenov19997@mail.ru

В статье рассмотрен инновационный потенциал применения аддитивных технологий послойной горячей экструзии на основе серобетонных смесей для производства изделий дорожной инфраструктуры. Проведён сравнительный анализ технологических цепочек традиционного и аддитивного производства серобетонных изделий, выявлены конкурентные преимущества и барьеры внедрения. Установлено, что серобетон — бесцементный термопластичный композит на основе модифицированной серы — обладает рядом уникальных свойств, обусловливающих его технологическую совместимость с методами 3D-печати: рабочий диапазон температур 130–155 °C, быстрое твердение (2–24 ч), прочность на сжатие 40–80 МПа, морозостойкость F300+, химическая стойкость к агрессивным средам. На основе результатов собственных экспериментальных исследований обоснованы критериальные реологические параметры серобетонных смесей для экструзии. Выполнен анализ затрат жизненного цикла (LCC) с дисконтированием (r = 8 %, T = 30 лет): экономия по сравнению с цементобетонными аналогами составляет 34,5 %. Определены основные барьеры внедрения и пути их преодоления. Показаны перспективы масштабирования технологии в условиях российского строительного рынка.
Ключевые слова: серобетон, аддитивные технологии, 3D-печать, дорожное строительство, модифицированная сера, послойная экструзия, экономика строительства, LCC-анализ, инновации в строительстве, бордюрные камни.

Введение

Дорожно-строительный комплекс России в последние годы находится под воздействием противоречивых тенденций: с одной стороны — устойчивый рост объёмов строительства и реконструкции дорог в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги», с другой — нарастающий дефицит квалифицированных рабочих, удорожание цементосодержащих материалов и ужесточение требований к долговечности изделий [1, 2]. Ежегодная потребность только в бордюрных камнях по федеральным трассам составляет более 50 млн погонных метров, при этом средний срок службы стандартных цементобетонных изделий в условиях активного применения противогололёдных реагентов не превышает 8–12 лет [2, 3].

В этих условиях перспективным направлением является серобетон — бесцементный термопластичный конструкционный материал на основе модифицированной технической серы. Серобетон известен в строительстве с 1970-х годов, однако именно сочетание его термопластичных свойств с возможностями аддитивного производства открывает качественно новые перспективы. В России разработана и утверждена нормативная база (ГОСТ Р 59613-2021), созданы прецеденты промышленного применения, однако интеграция серобетонных смесей с технологиями 3D-печати остаётся практически неисследованной отечественной наукой [4, 5].

Цель настоящей статьи — систематизировать и представить комплексное технологическое и экономическое обоснование инновационного потенциала аддитивного производства серобетонных изделий для транспортного строительства, выявить конкурентные преимущества метода по сравнению с традиционным производством, а также идентифицировать барьеры внедрения и пути их устранения.

1. Серобетон как инновационный материал для транспортной инфраструктуры

Серобетон представляет собой искусственный конструкционный материал, в котором роль вяжущего выполняет модифицированная техническая сера, а не цементный камень. История промышленного применения серобетона восходит к работам A.H. Vroom (Канада, 1971–1981), однако качественный сдвиг в технологии произошёл благодаря введению химических модификаторов — дициклопентадиена (ДЦПД) и его аналогов, переводящих хрупкую моноклинную серу в стабильную сополимерную форму [6, 7].

Ключевые физико-механические характеристики серобетона на основе ДЦПД-модификации представлены в сравнении с цементобетоном в таблице 1. Комплекс свойств серобетона принципиально превосходит портландцементный бетон по морозостойкости, водонепроницаемости и химической стойкости — именно тем параметрам, которые критичны для дорожных изделий, эксплуатируемых с применением противогололёдных реагентов [7, 8].

Таблица 1
Сравнение основных характеристик серобетона и цементобетона [7, 8].

Показатель	Серобетон (ДЦПД-модификация)	Цементобетон кл. В40	Преимущество
Прочность на сжатие, МПа	40–80	40–50	Сопоставимо
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	8–16	4–6	+67–166 %
Морозостойкость, циклы	$F_2$300+	$F_2$200	+50–500 %
Водопоглощение, % масс.	0,1–0,5	4–6	В 10–40 раз меньше
Водонепроницаемость, МПа	W16–W20	W8–W10	+100 %
Набор прочности, ч	2–24	168–672	В 10–100 раз быстрее
Стойкость к H_2SO_4 (10%), потеря прочности	8–12 %	50–70 %	В 5–7 раз лучше
Стойкость к NaCl, %	< 5 %	20–40 %	В 4–8 раз лучше

Особый интерес для аддитивного производства представляет термопластичная природа серобетона: при нагреве выше 119 °C материал переходит в вязкотекучее состояние с вязкостью 5–25 Па·с, а при охлаждении затвердевает за 60–90 секунд при комнатной температуре [9]. Это

кардинально отличает серобетон от цементобетонных смесей, твердение которых связано с медленным процессом гидратации и не допускает многократного использования. Именно данное свойство делает серобетон идеальным материалом для технологии 3D-печати методом горячей экструзии.

2. Аддитивное производство в строительстве: состояние и потенциал

Строительная 3D-печать прошла путь от лабораторного метода Contour Crafting (B. Khoshnevis, USC, 1995) до коммерческой технологии с глобальным рынком, оценённым в 2022 году в 0,9 млрд долл. США с прогнозом до 14–18 млрд долл. к 2036 году [10, 11]. В России аддитивное производство в строительстве активно развивается: компании «Apis Cor» и «S.A. Khoshnevis LLC» реализовали ряд объектов, в МАДИ, МГСУ и других вузах ведутся исследования применительно к строительным материалам [5, 12].

Реологические требования к смесям для 3D-печати представляют собой ключевую технологическую проблему: материал должен одновременно обладать достаточной текучестью для прохождения через экструзионное сопло и обеспечивать устойчивость сформированного слоя без опалубки под нагрузкой вышележащих слоёв. Для цементных систем это противоречие решается применением тиксотропных добавок; для серобетона — управлением температурным режимом экструзии [9, 13].

Применительно к серобетонным смесям нами установлено, что оптимальное «окно» технологических параметров соответствует: пластическая вязкость $\eta = 4–18$ Па·с (при температуре 135–145 °С и скорости сдвига 50 $с^{-1}$), предел текучести $\tau_0 < 5$ Па, скорость экструзии 40–60 мм/с, высота слоя h = 12–15 мм, ширина слоя b = 25–30 мм. Эти данные хорошо согласуются с результатами Boldini & Kazemian (2025), получивших $\eta = 6–20$ Па·с при 140 °С для аналогичных смесей [14].

3. Сравнительный анализ технологических цепочек производства

Для объективной оценки инновационного потенциала метода необходимо сопоставить полные технологические цепочки традиционного и аддитивного производства серобетонных изделий.

Традиционное производство серобетонных изделий включает: (1) плавление и модификацию серы при 130–140 °С; (2) смешение с заполнителями в горячем смесителе; (3) транспортирование смеси к форме; (4) укладку в металлическую форму с уплотнением; (5) охлаждение и распалубку; (6) контроль качества; (7) складирование и отгрузку. Суммарная длительность цикла — 3–5 часов (включая подготовку форм), производительность одной линии — 100–200 изделий/смену при численности бригады 4–6 человек [4, 7].

Аддитивное производство исключает этапы 3–5 традиционной цепочки, заменяя их единым роботизированным процессом послойной горячей экструзии. Система формирует изделие непосредственно без опалубки; смена типоразмера занимает минуты (перепрограммирование) вместо нескольких часов (переналадка форм). Расчётная производительность одной роботизированной ячейки — 200–350 типовых бордюрных камней за смену при численности бригады 1–2 человека [9, 12].

Ключевые конкурентные преимущества аддитивного метода систематизированы в таблице 2.

Таблица 2
Сравнительный анализ производственных параметров

Параметр	Традиционное производство	Аддитивное производство
Потребность в опалубке	Металлические формы, 30–80 компл.	Не требуется
Численность бригады, чел.	4–6	1–2
Время переналадки на типоразмер	2–4 ч	10–20 мин
Производительность, изд./смену	100–200	200–350
Гибкость геометрии	Ограничена формами	Произвольная по CAD
Потребность в складировании форм	Значительная	Отсутствует
Минимальная партия, шт.	50–100	1

4. Экономическое обоснование: LCC-анализ с дисконтированием

Экономическая оценка выполнена методом анализа затрат жизненного цикла (LCC — Life Cycle Cost) по методологии ISO 15686 для горизонта планирования T = 30 лет. В структуру LCC включены: капитальные затраты на производство (C_inv), затраты на технический уход и ремонт (C_OM), затраты на замену изделий (C_rep), утилизационные затраты (C_end). Дисконтирование денежных потоков выполнено по формуле чистой приведённой стоимости:

$$PV = \Sigma\,[Ct / (1 + r)^t],\ t = 0, 1, \ldots, T,$$

где r = 8,0 % — ставка дисконтирования, принятая равной ключевой ставке Банка России (апрель 2025 г.) и соответствующей нормативу ОДМ 218.4.031-2018 для оценки эффективности инвестиций в дорожное хозяйство.

Структура затрат жизненного цикла отражает принципиальное различие в позициях двух технологий: аддитивный метод несёт повышенные капитальные затраты на роботизированное оборудование (стоимость роботизированной ячейки — 8–12 млн руб.), однако кратно снижает операционные затраты за счёт минимизации ручного труда и исключения форм. При горизонте $T \geq 5$ лет аддитивное производство выходит на самоокупаемость при серийном выпуске не менее 50 000 изделий/год [15].

Таблица 3
Дисконтированный LCC-анализ (в ценах 2024 г., руб./п.м. бордюра)

Статья затрат	Цементобетон традиц.	Серобетон аддитивный
Капитальные затраты (C_inv), руб./п.м.	1 240	1 680
Обслуживание и ремонт (C_OM), руб./п.м.	2 850	1 420
Замена изделий (C_rep), руб./п.м.	2 930	1 480
Утилизация (C_end), руб./п.м.	340	240
ИТОГО LCC (дисконт., r=8%), руб./п.м.	**7 360**	**4 820**

Дисконтированная экономия LCC: (7360 − 4820) / 7360 = 34,5 %.

Таким образом, за 30-летний горизонт планирования суммарная дисконтированная экономия на 1 погонный метр бордюрного камня составляет 2 540 руб. (34,5 %). Основной вклад в экономию вносят статьи C_OM и C_rep: серобетонные изделия аддитивного производства реже требуют замены благодаря морозостойкости F_2300+ (против F_250–F_2200 для стандартного цементобетона) и стойкости к хлоридсодержащим реагентам [7, 15]. При объёме закупки 100 000 п.м./год (типичный городской округ) дисконтированная экономия составит 254 млн руб. за 30 лет.

5. Барьеры внедрения и пути их преодоления

Несмотря на очевидный экономический и технологический потенциал, широкое внедрение аддитивных технологий на основе серобетона в России сдерживается рядом барьеров, которые можно разделить на три группы.

Нормативные барьеры. Действующий ГОСТ Р 59613-2021 регламентирует производство серобетонных изделий исключительно методами литья и прессования, не предусматривая аддитивные технологии. Требования к межслойной адгезии и анизотропии механических свойств отсутствуют в действующей нормативной базе [4].

Технические барьеры. Узкое температурное рабочее окно серобетона (±5 °С от оптимума 140 °С) предъявляет повышенные требования к системам терморегулирования экструзионного оборудования. Ускоренное твердение (<90 с до полной потери пластичности) ограничивает допустимую скорость позиционирования. Гигиенические требования по контролю SO_2 (выявленный уровень 0,8 мг/м³ ≪ ПДКр.з. = 10 мг/м³) выполнимы при штатной вентиляции. Абразивный износ экструзионных головок при работе с серобетоном повышен: наконечники из WC-Co обеспечивают ресурс 300–500 часов [9].

Инвестиционные барьеры. Стоимость роботизированной ячейки аддитивного производства (8–12 млн руб.) в 3–4 раза превышает инвестиции в традиционную вибропрессовую линию аналогичной мощности. Срок окупаемости — 3,0–3,5 года при годовом объёме производства не менее 50 000 изделий, что соответствует мощности среднего дорожно-строительного предприятия [15]. Для снижения инвестиционных рисков перспективна модель аддитивного производства «по требованию» непосредственно на объекте строительства.

6. Перспективы и рыночный потенциал в России

Российский рынок серобетонных дорожных изделий формируется на пересечении нескольких благоприятных факторов. Во-первых, Россия является одним из крупнейших мировых производителей технической серы — побочного продукта нефтепереработки и добычи природного газа. Ежегодный объём производства технической серы превышает 7 млн тонн, значительная часть которой не находит применения [1]. Во-вторых, развитие сети газозаправочных станций и нефтехимических производств обеспечивает доступность исходного сырья практически во

всех регионах. В-третьих, климатические условия большей части территории России (более 150 дней/год с температурой ниже 0 °С) делают морозостойкость $F_2$300+ критическим преимуществом.

По нашей оценке, при проникновении аддитивных серобетонных технологий на 5–10 % рынка бордюрных камней и плит дорожных покрытий объём годового производства может составить 15–30 млрд руб.

Сдерживающим фактором остаётся отсутствие массового производителя специализированного оборудования: существующие строительные 3D-принтеры не адаптированы к работе с горячими серобетонными расплавами (рабочая температура на порядок выше цементных систем). Разработка отечественного экструзионного комплекса является приоритетной задачей для трансфера технологии в промышленность.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы. Серобетон на основе модифицированной серы обладает комплексом свойств (термопластичность, высокая прочность, морозостойкость $F_2$300+, химическая стойкость, быстрое твердение), которые делают его принципиально совместимым с аддитивными технологиями и технологически превосходящим цементобетон для дорожных условий России.

Аддитивное производство серобетонных изделий обеспечивает: снижение численности производственного персонала в 3–4 раза; исключение затрат на металлическую оснастку; гибкость геометрии при минимальной партии в 1 единицу; дисконтированную (r = 8 %, T = 30 лет) LCC-экономию 34,5 % по сравнению с цементобетонными аналогами; срок окупаемости инвестиций 3,0–3,5 года.

Для масштабирования технологии необходимо: разработать и принять национальный стандарт на серобетонные смеси для аддитивного производства; организовать серийное производство специализированного отечественного оборудования; расширить натурные испытания до 5-летнего горизонта. Технология обладает высоким экспортным потенциалом в страны с суровым климатом и развитой нефтесерной промышленностью.

Литература

1. Аналитический обзор рынка дорожного строительства России. — М. : Росавтодор, 2023. — 48 с.
2. Национальный проект «Безопасные качественные дороги» : паспорт проекта. — М. : Минтранс РФ, 2021. — 32 с.
3. Строганов Е. В., Меренцова Г. С. Влияние антигололедных реагентов на коррозионную устойчивость асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог // Ползуновский вестник. 2011. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-antigololednyh-reagentov-na-korrozionnuyu-ustoychivost-asfaltobetonnyh-pokrytiy-avtomobilnyh-dorog (дата обращения: 04.05.2026).
4. ГОСТ Р 59613-2021. Смеси серобетонные и серобетон. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2021. — 40 с.
5. Лунева Д. А., Кожевникова Е. О., Калошина С. В. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2017. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-3d-pechati-v-stroitelstve-i-perspektivy-ee-razvitiya (дата обращения: 04.05.2026).
6. Vroom A.H. Sulfur Concrete Comes of Age // Civil Engineering. — 1981. — Vol. 51, No. 3. — P. 52–55.
7. Mohamed A.-M.O., El Gamal M. Sulfur Concrete in the Construction Industry. — Boca Raton: J. Ross Publishing, 2010. — 344 p.
8. Stel'makh, S. A. Physical, Mechanical and Structural Characteristics of Sulfur Concrete with Bitumen Modified Sulfur and Fly Ash / S. A. Stel'makh [et al.] // Journal of Composites Science. — 2021. — Vol. 5, No. 7. — Art. 180.
9. Бондарев Б.А., Баязов В.А., Корнеев О.О., Востриков И.А., Мещеряков А.А., Корнеева А.О. Подбор составов смесей для 3D печати // Вестник Евразийской науки, 2021 №3, https://esj.today/PDF/29SAVN321.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/29SAVN321
10. De Schutter G. et al. Vision of 3D printing with concrete // Cement and Concrete Research. — 2018. — Vol. 112. — P. 25–36.
11. *Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство. https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-tekhnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnykh-tekhnologiy-v-proizv/?ysclid=morkz8ttiy639744726 (дата обращения: 04.05.2026).*
12. Муравский Андрей Александрович, Аликин Михаил Борисович, Дворко Игорь Михайлович, Лавров Николай Алексеевич ПОЛИМЕРНАЯ 3D-ПЕЧАТЬ: ИСТОРИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ (ОБЗОР) // Известия СПбГТИ (ТУ). 2023. №64 (90). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/polimernaya-3d-pechat-istoriya-klassifikatsiya-i-sovremennye-tendentsii-razvitiya-obzor (дата обращения: 04.05.2026).
13. Kazemian A. et al. Extrudable and Buildable Properties of 3D Printing Cementitious Materials // Construction and Building Materials. — 2017. — Vol. 145. — P. 639–647.
14. Сюэминь, Ты (2021) Исследование процесса модификации серного бетона. *Materials Sciences and Applications*, **12**, 353–361. doi: 10.4236/msa.2021.127024.

The innovative potential of additive technologies based on sulfur-concrete mixtures in russian road construction

Semenov G.I., Mironov N.S., Vasiliev Yu.E.
Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the innovation potential of additive manufacturing technologies based on sulfur concrete mixes for road infrastructure products. A comparative analysis of traditional and additive production chains is performed; competitive advantages and adoption barriers are identified. Sulfur concrete — a cement-free thermoplastic composite based on modified sulfur — possesses unique properties that make it technologically compatible with 3D printing: operating temperature range 130–155 °C, rapid hardening (2–24 h), compressive strength 40–80 MPa, frost resistance F300+, and chemical resistance to aggressive media. Rheological criteria for extrudable sulfur concrete mixes are substantiated. Life cycle cost (LCC) analysis with discounting (r = 8%, T = 30 years) yields a 34.5% savings compared to Portland cement concrete alternatives. Key barriers and mitigation strategies are identified, and the technology scaling prospects for the Russian construction market are assessed.

Keywords: sulfur concrete, additive manufacturing, 3D printing, road construction, modified sulfur, layer-by-layer extrusion, construction economics, LCC analysis, construction innovations, curb stones.

References

1. Analytical review of the Russian road construction market. Moscow : Rosavtodor, 2023. 48 p.
2. National project "Safe high—quality roads": project passport. Moscow : Ministry of Transport of the Russian Federation, 2021. 32 p.
3. Stroganov E. V., Merentsova G. S. The effect of deicing reagents on the corrosion resistance of asphalt-concrete road coverings // Polzunovsky bulletin. 2011. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-antigololednyh-reagentov-na-korrozionnuyu-ustoychivost-asfaltobetonnyh-pokrytiy-avtomobilnyh-dorog (date of request: 05/04/2026).
4. GOST R 59613-2021. Mixtures of grey concrete and grey concrete. Technical specifications. Moscow: Standartinform, 2021. 40 p.
5. Luneva D. A., Kozhevnikova E. O., Kaloshina S. V. Application of 3D printing in construction and prospects for its development // Bulletin of PNRPU. Construction and architecture. 2017. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-3d-pechati-v-stroitelstve-i-perspektivy-ee-razvitiya (date of access: 05/04/2026).
6. Vroom A.H. Sulphur Concrete Comes of Age // Civil Engineering. — 1981. — Vol. 51, No. 3. — P. 52–55.
7. Mohamed A.-M.O., El Gamal M. Sulfur Concrete in the Construction Industry. — Boca Raton: J. Ross Publishing, 2010. — 344 p.
8. Stel'makh, S. A. Physical, Mechanical and Structural Characteristics of Sulfur Concrete with Bitumen Modified Sulfur and Fly Ash / S. A. Stel'makh [et al.] // Journal of Composites Science. — 2021. — Vol. 5, No. 7. — Art. 180.
9. Bondarev B.A., Bayazov V.A., Korneev O.O., Vostrikov I.A., Meshcheryakov A.A., Korneeva A.O. Selection of mixtures for 3D printing // Bulletin of Eurasian Science, 2021 No. 3, https://esj.today/PDF/29SAVN321.pdf (access is free). Cover from the screen. Russian, English DOI: 10.15862/29SAVN321
10. De Schutter G. et al. Vision of 3D printing with concrete // Cement and Concrete Research. — 2018. — Vol. 112. — P. 25–36.
11. The 3D printing technology market in Russia and the world: prospects for the introduction of additive technologies into production. https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-tekhnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnykh-tekhnologiy-v-proizv/?ysclid=morkz8ttiy639744726 (accessed: 05/04/2026).
12. Muravsky Andrey Alexandrovich, Alikin Mikhail Borisovich, Dvorko Igor Mikhailovich, Lavrov Nikolay Alekseevich POLYMER 3D PRINTING: HISTORY, CLASSIFICATION AND CURRENT DEVELOPMENT TRENDS (REVIEW) // Izvestiya SPbGTI (TU). 2023. №64 (90). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/polimernaya-3d-pechat-istoriya-klassifikatsiya-i-sovremennye-tendentsii-razvitiya-obzor (date of request: 05/04/2026).
13. Kazemian A. et al. Extrudable and Buildable Properties of 3D Printing Cementitious Materials // Construction and Building Materials. — 2017. — Vol. 145. — P. 639–647.
14. Xuemin, You (2021) Study of the process of modification of sulfur concrete. Materials Sciences and Applications, 12, 353–361. doi: 10.4236/msa.2021.127024.

Особенности оценки несущей способности призматических железобетонных свай заводского изготовления при проектировании фундаментов многоэтажных зданий на слабых грунтах

Дегтерева Елена Эдуардовна
студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), lenadegtereva261@mail.ru,

Дурягин Константин Максимович
студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), constantin.duryagin@yandex.ru,

Осокин Анатолий Иванович
Заслуженный строитель РФ, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)geostroy-osokin@mail.ru

В условиях инженерно-геологических вопрос устройства фундаментов многоэтажных зданий в Санкт-Петербурге представляет значимую и важную задачу обеспечения надежности, долговечности и поиска решений по сокращению затрат. Наличие большой толщи слабых грунтов затраты определяет логичным и технически оправданным решением устройство фундаментов на свайном основании, при этом отмечается, что затраты на сооружение фундаментов могут составлять до 20% от общей стоимости общестроительных работ. В последние годы популярным инженерным решением являются свайные основания, выполняемые из призматических свай заводского изготовления погружаемые методом вдавливания. Это вызвано прежде всего технологической обеспеченностью выполнения свайных работ, наличием техники и производственных мощностей у строительных организаций. В предлагаемой статье мы анализируем особенности работы призматических свай заводского изготовления, погружаемых методом вдавливания, а также факторов, оказывающих влияющих на несущую способность сваи при испытании грунтов сваями статической нагрузкой. Данные исследования проведены для фундамента многоэтажного здания - 22-этажного двухсекционного жилого дома в Приморском районе г. Санкт-Петербурга.
На основе сравнительного анализа технических и экономических параметров в качестве оптимального решения для данного объекта обоснован выбор свай вдавливания сечением 500×500 мм, что обеспечило требуемую надежность основания и позволило сократить сроки строительства на 36%.
Ключевые слова: призматические сваи заводского изготовления, слабые грунты, технология погружения свай методом вдавливания, забивка свай.

Введение

Тхнология вдавливания призматических свай заводского изготовления берет свое начало с середины 70-х годов XX века. Первая установка для вдавливания свай была сконструирована в «Главленинградстрое» и представляла собой стационарную монтируемую при помощи крана платформу, которая позволяла создавать усилие вдавливания при помощи двух гидравлических домкратов до 2000 кН.

В последующем, «Главленинградствроем» совместно с ВНИИГС, НИИОСП им. Герсеванова и другими организациями в середине 80-х годов прошлого столетия была разработана самоходная сваевдавливающая установка УСВ 80 на базе экскаватора Э-6122, а затем и более мощные агрегаты УСВ 120/180.

С 2008 года на площадках Санкт-Петербурга используются сваевдавливающие установки китайского производства, которые в своем отличаются тем, что в своем составе они имеют крановую установку, пресс-группу, закрепленную на раме с полыми опорными передвигающимися продольными и поперечными платформами, которые могут заполняться жидкостью и служить пригрузом с созданием усилия вдавливания до 3600 кН (рис.1).

Рис. 1. Вид установки для вдавливания свай на площадке строительства в Приморском районе

Преимуществами технологии вдавливания свай заводского изготовления являются:

- контроль качества конструкции ствола сваи производится до ее погружения;
- обеспечение высокой точности погружения, особенно при использовании лидерного бурения;
- исключены вибрационные воздействия как на конструкции расположенных рядом зданий и сооружений, так и на саму конструкцию сваи;
- усилие вдавливания зависит от веса машины, и может быть увеличено добавлением груза до 250 т, технология позволяет вести погружение свай в предварительно пробуренные скважины (использование лидерного бурения), что значительно снижает необходимое усилие вдавливания;
- практически полная бесшумность обеспечивается электрогидравлическим приводом работы сваевдавливающего оборудования;
- осуществление непрерывного контроля усилия вдавливания, а, следовательно, и оценки несущей способности погружаемой сваи по имеющейся методике.

Следует отметить, что даже при широком распространении технологии вдавливания свай заводского изготовления мы часто сталкиваемся с неопределенностями, связанными с отклонением свай от проектного положения, несоответствия расчетных нагрузок проектным, невозможности без специальных мероприятий обеспечить погружение сваи на проектную глубину, наличие неравномерных деформаций зданий, выполненных на сваях вдавливания, а при погружении свай внутри городской застройки – влияние на фундаменты соседних зданий с возникновением неравномерных знакопеременных деформаций, что приводит к нарушению условий нормальной эксплуатации зданий, попадающих в зону влияния.

1.**Анализ инженерно-геологических условий**

Участок изысканий расположен в Приморском районе Санкт-Петербурга на территории, свободной от застройки. В геоморфологическом отношении площадка расположена в рамках Приневской низменности.

Рельеф площадки сформирован в период 1981 -1987 года путем искусственного намыва территории грунтами со дна Финского залива.

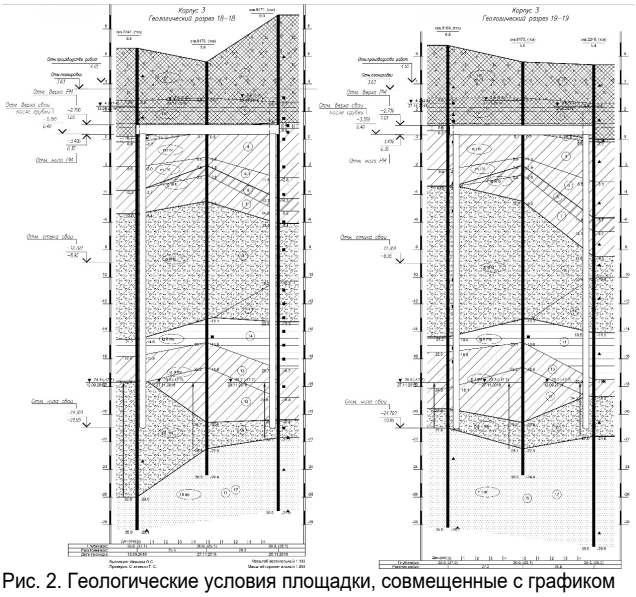


Рис. 2. Геологические условия площадки, совмещенные с графиком статического зондирования

В геологическом строении площадки в пределах глубины бурения изыскательских скважин площадка сложена четвертичными отложениями различного генезиса, среди которых: современные техногенные, морские, озерные и ледниковые образования. По глубине залегания в грунтовом массиве выделено 20 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), представленных насыпными и намывными грунтами, торфами, суглинками, супесями, песками и глинами различной консистенции и плотности (рисунок 2). В верхней части разреза залегают слабые водонасыщенные грунты (ИГЭ 1–7) мощностью до 18,0 м. Они подстилаются более плотными моренными отложениями с включением гравия, гальки и валунов (ИГЭ 9–16). Ниже залегают плотные пески и твердые глины (ИГЭ 17–20). Нормативные и расчетные физико-механические характеристики грунтов приведены в таблице 1.

Гидрогеологические условия характеризуются наличием двух уровней подземных вод: первый со свободной поверхностью приурочен к насыпным и намывным грунтам, к толще морских и озерно-ледниковых отложений и зафиксирован на глубинах 1,1 -6,9 м., второй залегает на глубине 25,4 -32,7м, приурочен к флювиогляциальным пескам пылеватым, он является напорным с величиной напора 2,8-6,0 м. По отношению к бетону марки W4 подземные воды слабоагрессивны, к бетону W6 – неагрессивны. В соответствии с СП28.13330.2017, по отношению к арматуре в железобетонных конструкциях грунты являются неагрессивными.

Совокупность инженерно-геологических факторов на основе требований СП 47.13330.2016 позволяет отнести площадку ко II категории сложности (средней сложности).

Таблица 1

Нормативные и расчетные значения физико-механических характеристик грунта

2. Исследование несущей способности свай заводского изготовления в условиях эксплуатации

Вопросы изменения несущей способности свай во времени нашли отражение в работах М.Ю.Абелева, Х.З. Бакенова, А.А.Бартоломея, Б.В.Бахолдина, Н.М.Большакова, В.Н.Бронина, Б.И.Далматова, П.А. Кравченко, Ф.К.Лапшина, Г.В. Левинтова, В.В. Ленинградского, В.В. Лушникова, Р.А. Мангушева, Р.М.Нарбута, А.В, Невзорова, Г.Ф. Новожилова, В.Н, Парамонова, А.Б. Пономарева, А.Е.Радугина, В.М. Улицкого, А.Г. Шашкина, Б.С.Юшкова. В основном исследованию подлежал достаточно короткий период времени по отношению со сроком эксплуатации здания или сооружения, в основании которого устанавливался свайный фундамент, соответственно, и рекомендации были разработаны для прогноза несущей способности свай на период до 60 суток, что вполне достаточно для решения вопросов определения несущей способности забивных свай при новом строительстве.

Для уточнения несущей способности свай в условиях эксплуатации при действии эксплуатационной нагрузки в СПбГАСУ была предложена методика испытания свай в конструкции существующего многоэтажного здания. При разработке методики испытаний свай в конструкции в разработанной методике нашел отражение опыт усиления свайных фундаментов допогружением свай (НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, СПбО ПИ "Фундаментпроект") в основании аварийно-деформированных зданий в г. Москве, Таганроге, Волгограде, Калининграде. Разработанная методика одним из авторов настоящей статьи методика предполагает проведение испытания сваи в ростверке, что позволяет получать достоверное значение несущей способности испытуемой сваи (рис.3).

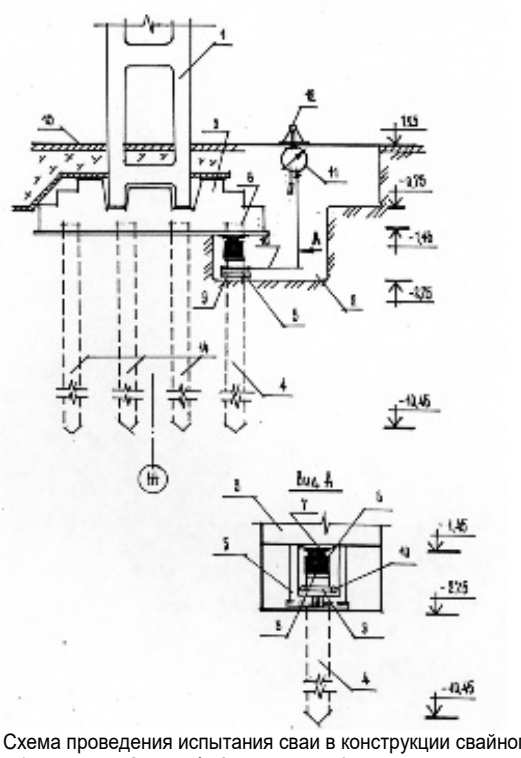


Рис. 3. Схема проведения испытания сваи в конструкции свайного ростверка: 1 - колонна, 2 - шурф, 3 - ростверк, 4 - испытываемая свая, 5 - металлическая рама, 6 - домкрат ГД-250, 7 - распределительные прокладки, 8 - металлическая пластина, 9- хомут, 10 - металлические стержни-усы, 11 - прогибомеры, 12 -опорная балка реперной системы, 13 - новый пол цеха, 14 – сваи длиной l=9,0 м сечением 35 х 35 см.

В общем виде установленную по результатам проведенных исследований зависимость можно представить выражением 1:

$Pt = Po + Kr \times Po \times \ln(t/t^*) = Po(1 + Kr \times \ln(t/t^*))$ (1)

где: Po - значение несущей способности сваи, полученное по данным статического испытания сваи через нормативный срок "отдыха" после забивки при $t = t_o$,(кН); Pt - значение несущей способности сваи в момент времени $t > t_o$, кН; t - время эксплуатации здания, в основании которого имеются сваи, сут.; t *-1 сут. - коэффициент, вводимый для соблюдения размерности; Kr - коэффициент, характеризующий рост несущей способности сваи во времени (рис.4).

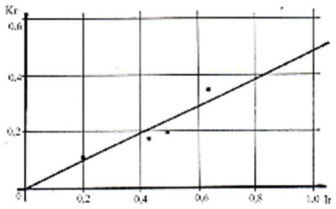


Рис. 4. График зависимости коэффициента роста несущей способности сваи Kr от величины показателя текучести IL.

Увеличение несущей способности свай, связанное с тиксотропным упрочнением грунта после ее вдавливания или забивки и уплотнением грунта под действием эксплуатационной нагрузки сооружения, происходит пропорционально логарифму времени. Степень увеличения несущей способности сваи тем больше, чем выше показатель текучести пылевато-глинистого грунта.

Выводы

Установлен механизм изменения несущей способности сваи во времени на основе экспериментальных данных, полученных при статических испытаниях свай через различные периоды времени после забивки. Исследованиями отмечается, что процесс повышения сопротивления сваи, находящейся в грунте, и в том числе, под нагрузкой, протекает длительное время.

На основании статических испытаний свай, выполненных через различные промежутки времени "отдыха" сваи или нагружения эксплуатационной нагрузкой, установлено, что несущая способность свай возрастает пропорционально логарифму времени. Результаты статических испытаний свай по многим строительным площадкам свидетельствует, что сваи имеют порог осадки т.е. начальную нагрузку, ниже которой осадки пренебрежительно малы. Порог осадки сваи увеличивается со временем "отдыха" или длительности ее нагружения в сооружении пропорционально логарифму времени.

Литература

1.Гайдо А.Н. Цели и задачи исследований технологических решений устройства фундаментов многоэтажных зданий и сооружений// Вестник гражданских инженеров. – 2013 -№2013/2 – С.117-124

2.Гайдо А.Н. Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки// Жилищное строительство.-2015.- №9 (876)- С.2-7.

3.Далматов Б.И. Лапшин Ф.К., Россихин Ю.В. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов.- Л.: Стройиздат, 1975 -240с.

4.Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. «Современные свайные технологии»- М.: Изд-во АСВ, 2010-240с.

5.Мангушев Р.А., Осокин А.И., Сотников С.Н. Геотехника Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах.- М.: Изд-во АСВ,2018.- 386с.

6. Мангушев Р.А., Осокин А,И., Усманов Р.А. Основания и фундаменты в условиях слабых грунтов Евразийских регионов. Геотехнические проблемы при устройстве оснований и фундаментов в сложных грунтовых условиях. – Saarbrucken: LAP LAMBERT/- 2014- 457с.

7.Нарбут Р.М. Работа свай в глинистых грунтах.- Л.:Стройиздат. – 1972-160с.

8.Смородинов М.И. и др. Свайные работы: справочник строителя.- М.: Стройиздат,1988 -224с.

9.Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения/ Под общей ред. В.А, Ильичева и Р.А. Мангушева, - М.: Изд-во АСВ, 2023 – 1084с.

10.Трофименков Ю.Г., Ободовский А.А. Свайные фундаменты для жилых и промышленных зданий. – М.: Стройиздат, - 240 с.

11.Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. –СПб.:Изд-во «Стройиздат Северо-Запад», гр.комп. «Геореконструкция», 2010-558с.

Features of assessing the load-bearing capacity of factory-made prismatic reinforced concrete piles when designing foundations for multi-storey buildings on weak soils

Degtereva E.E., Duryagin K.M., Osokin A.I.
Saint-Petersburg Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

In the context of engineering and geological issues, the construction of foundations for multi-storey buildings in St. Petersburg is a significant and important task in terms of ensuring reliability, durability, and finding cost-effective solutions. The presence of a large thickness of weak soils makes it logical and technically justified to construct foundations on a pile foundation, and it is noted that the cost of constructing foundations can account for up to 20% of the total cost of construction work. In recent years, pile foundations made of factory-made prismatic piles that are driven by the method of pressing have become a popular engineering solution. This is primarily due to the technological support for pile work, as well as the availability of equipment and production facilities at construction organizations.

In the proposed article, we analyze the features of the operation of factory-made prismatic piles, which are immersed by the method of pressing, as well as the factors that affect the bearing capacity of the pile during the testing of soils with piles under static load. These studies were conducted for the foundation of a multi-storey building - a 22-storey two-section residential building in the Primorsky District of St. Petersburg.

Keywords: prefabricated reinforced concrete piles, weak soils, pile driving technology of pressing pile, driving pile.

References

1.Gaido A.N. Goals and objectives of research on technological solutions for the foundation of multi-storey buildings and structures// Bulletin of Civil Engineers. – 2013 -No. 2013/2 – P.117-124

2. Gaido A.N. Ways to improve technological solutions for pile foundations of residential buildings in urban areas// Housing Construction.-2015.- No. 9 (876)- Pp. 2-7.

3.Dalmatov B.I., Lapshin F.K., Rossikhin Yu.V. Design of Pile Foundations in Weak Soils. Leningrad: Stroyizdat, 1975, 240 p.

4.Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I. Modern Pile Technologies. Moscow: ASV Publishing House, 2010, 240 p.

5. Mangushev R.A., Osokin A.I., Sotnikov S.N. Geotechnics of St. Petersburg. Experience in construction on weak soils.- Moscow: ASV Publishing House, 2018.-386p.

6. Mangushev R.A., Osokin A.I., Usmanov R.A. Foundations and Substructures in Weak Soils of the Eurasian Regions. Geotechnical Problems in the Design of Foundations and Substructures in Difficult Soil Conditions. – Saarbrucken: LAP LAMBERT/- 2014- 457c.

7. .Narbut R.M. Pile Work in Clay Soils. Leningrad: Stroyizdat, 1972, 160 p.

8. Handbook of Geotechnics. Foundations, Fундаменты и подземные сооружения/ V.A.Ilyichev, R.A.Mangushev, et al.\ Under the general editorship of V.A. Ilyicheva и R.A. Mangusheva, - M.: ASV Publishing House, 2023 – 1084p

9. Smorodinov M.I. et al. Pile works: a builder's handbook.-M.: Stroyizdat,1988 -224p.

10. Trofimenkov Yu.G., Obodovsky A.A. Pile Foundations for Residential and Industrial Buildings. Moscow: Stroyizdat, 240 p.

11. Ulitsky V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotechnical support for urban development. –SPb.: Publishing house "Stroyizdat North-West", gr.comp. "Georeconstruction", 2010-558p.

Влияние логистики поставок на динамику выполнения отделочных работ. Методы цифровой корректировки графиков работ

Захарова Елизавета
магистрант, Научный исследовательский Московский государственный строительный университет, LIZAZAHAROVA02@YANDEX.RU

В статье рассматривается влияние сбоев в цепочках поставок материалов на качество и сроки выполнения отделочных работ, а также анализируются современные цифровые методы корректировки календарных графиков. Исследование опирается на анализ нормативных требований к высыханию отделочных слоёв и данные о расходах, вызванных нарушением сроков строительства. На основе изученного опыта делается вывод о необходимости перехода от реактивного управления к проактивному с применением цифровых инструментов в условиях возросшей нестабильности строительной логистики.

Ключевые слова: строительная логистика, цепочки поставок, отделочные работы, высыхание материалов, BIM-моделирование, корректировка графиков, задержки поставок, качество отделки.

Одной из наиболее частых причин нарушения сроков ввода объектов капитального строительства, особенно на финишных этапах, является несогласованность графиков поставок материалов с технологическими требованиями отделочных процессов. Исследования показывают, что большинство проектов задерживается именно из-за сбоев на критическом пути строительных работ. При этом задержки поставок на стадии отделки не просто сдвигают сроки – они непосредственно влияют на качество покрытий, провоцируя образование трещин, отслоения и развитие плесени, а в долгосрочной перспективе ведут к перерасходу бюджета и необходимости проведения переделок.

Цель настоящей статьи – выявить взаимосвязь между сбоями в логистике поставок отделочных материалов и качеством строительной продукции, а также предложить современные методы цифровой корректировки графиков, позволяющие минимизировать эти риски.

Любой отделочный слой (штукатурка, стяжка, шпаклёвка) проходит через два взаимосвязанных процесса: испарение свободной влаги (высыхание) и химическую гидратацию вяжущего (твердение и набор прочности). Оба процесса требуют строго определённого времени в строго заданных условиях (температура 20 – 22 °С, влажность воздуха 60 %, отсутствие сквозняков). Нормативы этих процессов закреплены в ряде действующих документов, в том числе ГОСТ Р 58949-2020 «Бетоны и растворы строительные. Методы определения, правила контроля и оценки влажности в конструкциях» и СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия».

На практике временные нормативы выглядят следующим образом:

– цементная штукатурка (слой до 20 мм) – набор прочности длится до 7–14 суток в зависимости от температуры и влажности;

– цементная стяжка (слой 40 мм) – полное высыхание и набор марочной прочности занимает около 28 суток, при этом удельный показатель составляет 7 дней на каждый сантиметр толщины, а последующие сантиметры требуют дополнительных двух недель;

– гипсовые штукатурки – на порядок быстрее, однако также требуют строгого соблюдения влажностного режима;

– шпаклёвка под покраску – до 14 суток при слое до 2 мм.

Важнейшим элементом контроля является остаточная влажность основания: для укладки паркета влажность цементной стяжки не должна превышать 2-3 %, а при нанесении финишных покрытий превышение влажности в большинстве случаев оборачивается браком, который в последствии подрядная организация должна исправить за свой счет.

Несвоевременное нанесение последующих слоёв (либо ускоренное, когда следующий слой наносится на ещё не набравшее прочности основание, либо запоздалое, когда материал уже начал терять влагу и адгезионные свойства) может привести к одному из четырех видов дефектов:

1. Усадочные трещины. Если последующий слой нанесён на еще влажное основание, продолжающийся процесс усадки вызывает возникновение мелких трещин на поверхности. Ускорившаяся потеря воды смещает равновесные процессы схватывания и твердения цементного теста, увеличивая внутренние напряжения и усадку, что приводит к появлению сети микротрещин.

2. Нарушение адгезии с отслоением. Нанесение материала на влажное основание препятствует их хорошему сцеплению. Причинами отслаивания покрытий часто являются недостаточная адгезия к поверхности и высокая остаточная влажность несущей конструкции.

3. Развитие биопоражений (плесень, грибок). Запертая внутри пирога стены влага создаёт идеальную среду для микроорганизмов. При закрытии влажной штукатурки пароизоляционными обоями или плиткой воде некуда выходить, что приводит к появлению чёрных пятен плесени под покрытием

4. Коробление чистовых покрытий. Ламинат, паркет или инженерная доска, уложенные на недостаточно высохшую стяжку, впитывают остаточную влагу, разбухают и деформируются.

При этом любая классическая технологическая карта отделочных работ жёстко регламентирует влажностный режим помещения на всём протяжении работ. Однако при сбое поставок этот режим неизбежно нарушается.

Представим типовую ситуацию: нанесён слой цементной штукатурки, и по графику на 5-й день ожидается поставка материала под чистовую шпаклёвку. Поставка задерживается на 10 дней. Что происходит в помещении за это время? Стены, лишённые влажного укрытия и оставленные открытыми, начинают интенсивно пересыхать. Температура внутри объекта в осенне-зимний период может колебаться в широких пределах. Часто на таких объектах уже ведутся параллельные работы (монтаж инженерных систем), создающие сквозняки и дополнительные перепады влажности. В результате на 15-й день поверхность штукатурки оказывается в состоянии, непригодном для качественной шпаклёвки: она пересушена, запылена и частично потеряла адгезионные свойства. Нанесение шпаклёвки без грунтования или с недостаточным увлажнением основания приводит к отслоению финишного слоя в течение нескольких месяцев после завершения отделки, поэтому качественную отделку выполняют только с применением грунтовочных составов.

Уже не первый год традиционным и «надежным» методом контроля отделочных работ являются ручные таблицы, телефонные звонки и визуальные обходы, которые зачастую не справляются с динамикой современных проектов. Генеральный директор компании «Глобал Профф» в своем интервью Владимир Панов отмечает, что задержки на стройке редко связаны с форс-мажором – чаще всего они возникают из-за сбоев на стыке нескольких задач: задержек поставок, несоответствий в проектной документации, отсутствия готовой коммуникации. Стоимость таких простоев может достигать в среднем от 200 тыс. в неделю на сложных объектах.

Несогласованность сроков поставок отделочных материалов с графиком строительно-монтажных работ является ключевым фактором потери времени, поскольку сбой в поставке одного из позиций способен парализовать фронт работ на несколько дней или даже недель.

Одним из самых популярным и все более востребованных способов, позволяющим перейти от реактивного управления сбоями к их прогнозированию и превентивному устранению являются BIM-технологии (Building Information Modeling – Технологии Информационного Моделирования (ТИМ).

Современные исследования предлагают концепцию, - 4D BIM с расширенным упреждающим календарным планированием (look-ahead scheduling), - при которой совмещаются информационная модель здания (BIM) и сетевая модель поставок. Zeng, Liu and König (2023) разработали на основе 4D BIM структуру, которая помогает составлять упреждающие календарные планы поставок для предотвращения задержек, вызванных перебоями в поставке. Ранние предупреждения о потенциальных сбоях фиксируются путём проверки интегрированных процессов на площадке и за её пределами, а затем визуализируются в среде BIM. Это позволяет проектной группе вместе с поставщиками вовремя определить признаки возможных задержек, используя точные указания по расположению и продолжительности из 4D BIM.

При задержке поставки платформа автоматически пересчитывает сетевой график и определяет альтернативные цепочки операций. Одним из примеров служит внедрение методики оценки поставщиков, предложенной Синенко С.А. и Мирошниковой И.М. (НИУ МГСУ): основанный на расчёте математических ожиданий выбор поставщика позволяет сократить сроки работ по возведению фундамента на 13 рабочих дней за счёт снижения рисков срыва сроков поставки строительных материалов.

Ряд исследователей рассматривают подходы к улучшению управления последовательностью поставок строительных материалов с использованием BIM в формате 4D-моделирования с идентификацией критических рисков и применением симуляции Монте-Карло. Это позволяет дополнить традиционный анализ вероятностной оценкой последствий сбоев для отделочных работ.

Опыт внедрения цифровых систем контроля сроков в управление крупными жилыми проектами подтверждает их эффективность. Так, аутсорсинговая компания «Глобал Профф» при помощи внедрения цифровой платформы добилась сокращения общего отставания на 16 % и экономии около 11 млн рублей за счёт оптимизации перераспределения ресурсов.

При использовании систем цифрового контроля возрастает и роль прораба – от человека, физически присутствующего на площадке и реагирующего на уже возникшие сбои, к функции координации на основе данных с фокусом на работу с отклонениями «на опережение». Платформенные решения, интегрированные с календарями поставок и проектными метками, уменьшают риски, связанные с человеческим фактором в коммуникациях.

Хапанцев и Дворничен провели исследования синергии поточного строительства и цифровой логистики, доказав, что применение BIM-технологий, ERP-систем и платформ управления всеми этапами поставок позволяет сократить сроки ввода объектов на 15-25 %, а также даёт возможность перейти от реактивного управления к проактивному.

В заключении к исследованию хочется выделить несколько ключевых выводов:

1. Задержки поставок отделочных материалов оказывают прямое негативное воздействие на качество отделки. Изменение температурно-влажностного режима из-за нарушения технологических интервалов ведёт к образованию трещин, отслоению покрытий, развитию грибка и деформации чистовых слоёв. Наиболее критическими являются нарушения адгезии и преждевременное испарение воды из промежуточных слоёв.

2. Организационный фактор ритмичности поставок не менее важен, чем сама технология. Даже корректно выполненная штукатурка превращается в брак, если следующий слой наносится вне оптимального влажностного диапазона из-за задержки доставки материалов.

3. Традиционные (ручные) методы управления календарными графиками не позволяют адекватно и своевременно реагировать на сбои в цепи поставок из-за отсутствия прозрачности и низкой скорости обработки информации, что особенно критично на стадии отделки с её короткими рабочими циклами и большим количеством параллельных операций.

4. Цифровые методы корректировки графиков, прежде всего 4D BIM с упреждающим планированием (look-ahead scheduling), а также интеграция BIM-моделей с ERP-системами поставок, позволяют перейти от реактивного управления сбоями к проактивному. Опыт внедрения таких систем демонстрирует сокращение отставаний до 16 % и прямую экономию бюджета проектов.

Таким образом, для практикующего строительного менеджмента и проектирования становится актуальной задача не только оптимизации отделочных технологий, но и цифровой синхронизации цепочек поставок с реальным состоянием отделочных слоёв – с учётом индивидуальной динамики их высыхания и набора прочности.

Литература

1. Синенко С.А., Мирошникова И.М. Внедрение методики оценки поставщиков как один из способов сокращения сроков строительства / Строительство и архитектура. – Москва: НИУ МГСУ, 2018. – С. 288.
2. Zeng N., Liu Y., König M. 4D BIM-enabled look-ahead scheduling for early warning of off-site supply chain disruptions / Journal of Construction Engineering and Management, 149(1), 04022154, ISSN 0733-9364. – 2023.
3. Фоменко А.А. Оценка эффективности управления закупочной деятельностью в строительстве: методологические подходы / Ухтинский государственный технический университет. – Ухта, 2025.
4. Симионова Н.Е., Кириченко Д.А. Эффективность цепей поставок: подсистемы, процессы, показатели / Экономика и бизнес. – 2023.
5. Oluduntoye U.O., Mohammed M. Implications of Materials Supply Chain Management on Project Completion Time / Proceedings of the 3rd International Conference, Faculty of Management Sciences. – Abuja, 2023.
6. Khapantsev I., Dvornichen I. Organizational and technological solutions and digital optimization of variable logistics in the management of construction processes of multipurpose facilities / Kyiv National University of Construction and Architecture. – Киев, 2025. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(1).21-29.
7. Сроки высыхания строительных смесей и материалов: штукатурки, шпаклёвки, стяжки, краски и кладочный раствор / Производственно-строительная компания «ОСНОВИТ». – 2026.
8. Как подрядчики выигрывают время за счёт цифрового контроля: BIM-моделирование, цифровые графики и автоматизированные системы отслеживания работ на площадке / Вестник строительства. – 2025.
9. СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия» (актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87).
10. ГОСТ Р 58949-2020 «Бетоны и растворы строительные. Методы определения, правила контроля и оценки влажности в конструкциях».

The impact of supply logistics on the dynamics of finishing works execution. Methods of digital adjustment of work schedules

Zakharova E.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the impact of material supply chain disruptions on the quality and timelines of finishing works, and analyzes modern digital methods for adjusting construction schedules. The research is based on an analysis of regulatory requirements for the drying of finishing layers and data on costs incurred due to construction delays. Based on the studied experience, a conclusion is drawn about the necessity of transitioning from reactive management to proactive management using digital tools in the context of increased instability in construction logistics.

Keywords: construction supply chain management, supply chains, interior finishing, drying time, BIM modeling, schedule adjustments, supply delays, finishing quality.

References

1. Sinenko S.A., Miroshnikova I.M. Implementation of a Supplier Evaluation Methodology as a Way to Reduce Construction Timelines / Construction and Architecture. – Moscow: NRU MGSU, 2018. – P. 288.
2. Zeng N., Liu Y., König M. 4D BIM-enabled look-ahead scheduling for early warning of off-site supply chain disruptions / Journal of Construction Engineering and Management, 149(1), 04022154, ISSN 0733-9364. – 2023.
3. Fomenko A.A. Evaluation of the Efficiency of Procurement Management in Construction: Methodological Approaches / Ukhta State Technical University. – Ukhta, 2025.
4. Simionova N.E., Kirichenko D.A. Efficiency of supply chains: subsystems, processes, indicators / Economics and business. – 2023.
5. Oluduntoye U.O., Mohammed M. Implications of Materials Sup-ply Chain Management on Project Completion Time / Proceedings of the 3rd International Conference, Faculty of Management Sciences. – Abuja, 2023.
6. Khapantsev I., Dvornichen I. Organizational and technological solutions and digital optimization of variable logistics in the management of construction processes of multipurpose facilities / Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2025. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.56(1).21-29.
7. Drying Times for Construction Mixes and Materials: Plaster, Putty, Screeds, Paints, and Masonry Mortar / OSNOVIT Production and Construction Company. – 2026.
8. How Contractors Save Time with Digital Monitoring: BIM Modeling, Digital Schedules, and Automated Site Work Tracking Systems / Construction Bulletin. – 2025.
9. SP 71.13330.2017 "Insulating and Finishing Coatings" (updated version of SNiP 3.04.01-87).
10. GOST R 58949-2020 "Construction Concretes and Mortars. Methods for Determining, Control Rules, and Assessing Moisture in Structures."

Концепция «город-парк» в архитектуре современных культурно-спортивных центров (на примере Китая)

Ивина Мария Сергеевна
кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры Архитектурного проектирования,

Сюй Ипин
студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, m.s.ivina@mail.ru

В статье рассматривается трансформация архитектуры культурно-спортивных центров в условиях урбанизации и дефицита экологических пространств на основе китайской градостроительной концепции «город-парк». Цель исследования - выявить архитектурно-пространственные стратегии, позволяющие интегрировать культурно-спортивные центры в городскую экосистему. Проведен анализ новейших проектов в Китае (г. Чэнду, г. Шэньчжэнь), классифицированных по масштабу и плотности застройки. Выявлено, что интеграция архитектуры и ландшафта достигается за счет многоуровневой пространственной организации, вертикального функционального зонирования и создания круглосуточно открытых рекреационных зон на эксплуатируемых кровлях. Отмечено, что синергия спортивно-культурных функций и экологического каркаса эффективно решает проблему нехватки общественных пространств и формирует устойчивую модель развития типологии культурно-спортивных центров.
Ключевые слова: архитектура, культурно-спортивный центр, «город-парк», экологичность, принципы архитектурной организации.

Введение

В мировой практике и в Китае, в частности, наблюдается развитие спортивной индустрии. Культурно-спортивные центры (далее КСЦ) играют важную роль в формировании социально-культурной инфраструктуры, а также оказывают значительное влияние на устойчивое развитие городской среды [1].

Современный КСЦ представляет собой многофункциональный архитектурный комплекс, объединяющий пространства для физической культуры, досуга и социальных мероприятий. Архитектурно-планировочные решения таких комплексов отвечают потребностям в самореализации, оздоровления, проведении досуга, туризма и соответствуют основным принципам устойчивой архитектуры [2], [3].

В условиях быстрой урбанизации Китая, когда мегаполисам необходимо сдерживать пространственное разрастание городов и повышать эффективность использования земель [4], архитектура КСЦ эволюционирует в сторону гибридных пространств.

В ответ на проблемы, вызванные урбанизацией, в Китае активно внедряются соответствующие нормативные акты на национальном и региональном уровнях [5], [6]. Так, была выдвинута концепция «город-парк» как стратегия, интегрирующая экологические ценности в городской ландшафт. Данная идея ставит целью превращение самого города в парк, где разрозненные зеленые зоны соединяются в единую сеть [7].

Формирование КСЦ, как элемента «города-парка» позволит эффективно компенсировать дефицит зеленых рекреационных зон в условиях плотной застройки и гармонично интегрировать крупные общественные здания в природный каркас мегаполиса, а также окажет влияние на развитие типологии спортивных сооружений. Таким образом, исследование архитектурного феномена «культурно-спортивный центр как «город-парк»» является крайне актуальным для поиска устойчивых моделей развития урбанизированной городской среды.

Методы, оборудование, материалы

Научной базой исследования послужили труды М.Г. Зобовой, Н. Зрнзевич, К.В. Козлова, Ю.А. Скоблицкой, О.В. Цайзер, Чэнь Син, Чэнь Лисянь, раскрывающие проблемы развития архитектурно-планировочных решений современных КСЦ; работы Ся Ц., К.С. Яковлевой, Ю.С. Янковской посвященные вопросам устойчивого развития городской среды.

Цель исследования состоит в выявлении и систематизации архитектурной стратегии проектирования КСЦ как элементов системы «город-парк».

Задачей исследования является проведение анализа опыта проектирования и строительства, раскрывающего архитектурно-планировочные и градостроительные принципы реализации концепции КСЦ – «город парк».

Объектом изучения являются современные культурно-спортивные центры.

Основная часть

Анализ опыта проектирования современных КСЦ в Китае позволил выявить архитектурно-планировочные решения данных объектов и способы интеграции их в природный каркас городов.

Крупномасштабные комплексы, как правило, имеют павильонную композиционную схему, при которой архитектурные объемы рассредоточены по ландшафту, образуя единый экологический каркас. Такие комплексы занимают участки большой площади (более 10 га).

Ярким примером является спортивно-культурный комплекс Цзяньян площадью 420 тыс. м^2, включающий дворец молодежи, отель, спортивный комплекс, театр, музей, библиотеку и органично интегрированный в зеленый каркас города, соединяя парк на берегу реки Тоцзян и парк Аошань. Все здания объединены стилобатом, который является ключевым архитектурным решением: под ним располагаются парковки и транзитные зоны, а на его крыше формируется пешеходная общественная площадь. Полуоткрытые переходные зоны под стилобатом включают водные объекты и зеленые насаждения, создавая многофункциональное пространство для выставок и рынков, полностью стирая границу между зданием и парком (рис. 1).

Рисунок 1. Спортивно-культурный комплекс Цзяньян (арх. CSWADI, г. Чэнду, 2022 г.)
http://www.archina.com/index.php?g=works&m=index&a=show&id=15851

Концепция «трехмерного парка» внедрена в архитектурно-планировочное решение культурно-спортивного центра Даланг, расположенного на участке более 12 га. Так, беговая дорожка, длиной 1 км, закольцовывает амфитеатры, органические сады и выставочные площадки на разных высотных отметках. Комплекс включает на два основных блока – спортивный и культурный, которые соединены 15-метровым надземным пешеходным мостом (рис.2, рис.3).

Рисунок 2. Культурно-спортивный центр Даланг (арх. CUBE Design, г. Шэньчжэнь, 2026 г.)
https://www.archiposition.com/items/20180906021147

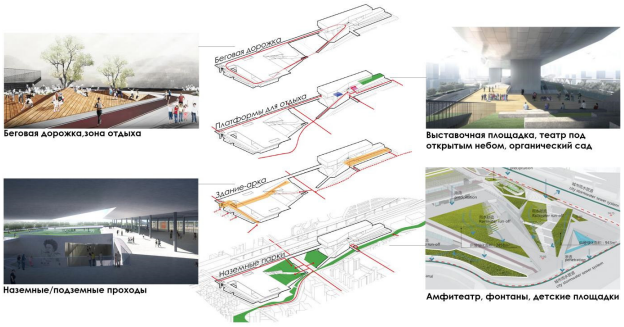


Рисунок 3. Схема парков в КСЦ Даланг (арх. CUBE Design, г. Шэньчжэнь, 2026 год)
https://www.archiposition.com/items/20180906021147

Компактные комплексы в условиях высокоплотной городской застройки. В центральных районах мегаполисов, где площадь участков жестко ограничена, как правило, используют компактные объемно-пространственные схемы КСЦ с вертикальным зонированием.

Культурно-спортивный центр Синьху (г. Шэньчжэнь) демонстрирует, как можно сохранить экологическую проницаемость на участке площадью всего 1 га (рис.4). Главным фасадом здание обращено к городу, однако в его центре вырезана масштабная «открытая арка». Этот прием обеспечивает максимальную связность городского экологического каркаса, позволяя ветровым потокам и взгляду пешеходов беспрепятственно проходить сквозь массивное здание. На эксплуатируемой кровле размещены футбольное поле и смотровая площадка, компенсирующие дефицит земли (рис.5).

Рисунок 4. Культурно-спортивный центр Синьху (арх. CUBE Design, г. Шэньчжэнь, 2026 г.)
http://www.archina.com/index.php?g=works&m=index&a=show&id=157130

Рисунок 5. Схема парков в КСЦ Синьху (арх. CUBE Design, г. Шэньчжэнь, 2026 г.)
http://www.archina.com/index.php?g=works&m=index&a=show&id=157130

Интересным примером вертикального зонирования является культурно-спортивный центр Юэ Хай (г. Шэньчжэнь) (рис.6). Комплекс, расположенный на участке площадью 0,57 га включает более десяти функций (бассейн, театр, библиотека, фитнес-клуб, баскетбольный зал, теннисный корт, футбольное поле, кафе, скалодром, многофункциональный зал, танцевальный зал, зона для йога и тайцзи, амфитеатр, детская площадка). Инновационность проекта заключается в создании серии круглосуточных открытых парковых площадей («городская гостиная», «спортивная терраса»), расположенных друг над другом. Доступ к этим воздушным паркам осуществляется с земли через систему уличных эскалаторов, что позволяет жителям использовать инфраструктуру здания как продолжение городской улицы 24 часа в сутки (рис.7).

Рисунок 6. Культурно-спортивный центр Юэ Хай (арх. URBANUS, г. Шэньчжэнь, 2025 г.)
https://www.archiposition.com/items/20190904050407

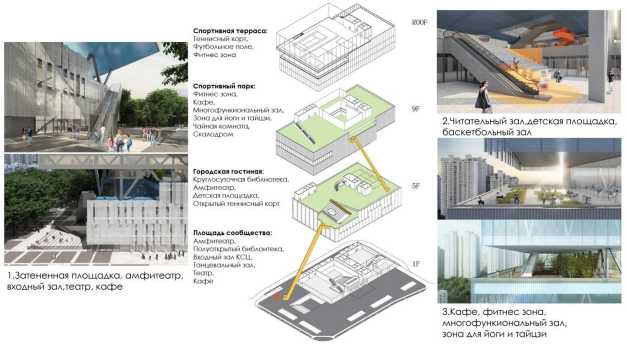


Рисунок 7. Схема зеленых зон в КСЦ Юэ Хай (арх. URBANUS, г. Шэньчжэнь, 2025 г.)
https://www.archiposition.com/items/20190904050407

К современным принципам проектирования спортивных комплексов относится: включение актуальной программы, универсальность пространства, социальная направленность, трансформируемость [8], [9]. Обобщение анализа опыта проектирования современных КСЦ в Китае позволил сформулировать четыре основных принципа архитектурной организации КСЦ-«город парк» [10], [11].

Интеграция с экологическим каркасом и проницаемость. КСЦ должен выступать не как физическая преграда, а как связующее звено в городской зеленой сети. Согласно современным исследованиям в области устойчивой урбанистики, обеспечение 15-минутной пешеходной доступности к зеленым рекреационным зонам является критическим фактором качества городской среды [12]. Для достижения этой цели комплекс необходимо соединять с существующими парками и водоемами. На уровне

земли (первого этажа) следует активно применять приемы «освобождения пространства» – строительство масштабных арок, стилобатов и сквозных проходов, что способствует ветровой проницаемости и создает удобные транзитные пешеходные потоки.

Многоуровневая система открытых пространств. «Парк» в контексте КСЦ – это круглосуточно открытые общественные пространства, не ограниченные нулевой отметкой. Использование стратегии вертикального функционального зонирования позволяет перенести рекреационные зоны на эксплуатируемые кровли и многоярусные террасы. Прямой доступ к этим «воздушным паркам» с уровня улицы обеспечивается через широкие пандусы, наклонные газоны, амфитеатры и систему уличных эскалаторов, что максимизирует полезную общественную площадь в условиях жесткого дефицита городских земель.

Функциональный симбиоз и гибридизация. Необходимо отказаться от жесткой монофункциональности. Многоуровневая пространственная организация позволяет компактно размещать различные функциональные зоны по вертикали, эффективно решая проблему дефицита и высокой стоимости городских земель [13]. Эффективный КСЦ должен объединять культурные, спортивные и коммерческие блоки (например, библиотеки, театры, тренировочные залы, бассейны, кафе и ритейл), формируя полноценный общественный центр [14]. Пространственное пересечение или обособленность этих функций зависит от площади участка, однако их синергия стимулирует экономическую жизнеспособность объекта и обеспечивает постоянный приток посетителей в разное время суток.

Культурная идентичность и локальный контекст. Архитектурный облик КСЦ должен не только отвечать экологическим стандартам, но и отражать локальный контекст. Интеграция традиционных архитектурных элементов, местных материалов и народных мотивов в современный экодизайн способствует формированию уникального образа места и усиливает чувство социальной принадлежности у местного сообщества. Особую роль в этом играют объекты ландшафтного дизайна, выступающие инструментами формирования уникальной идентичности среды и преодоления стандартизации [15]. Развитие этой тенденции требует внедрения «зеленой архитектуры», которая отражает философию единства человека и природы [16], а также обеспечивает устойчивое развитие: оптимизирует микроклимат и повышает эколого-гигиенический комфорт городской жилой среды [17].

Выводы

1. Анализ опыта проектирования культурно-спортивных центров в Китае позволил выявить, что данные объекты, обеспечивают симбиоз экологических, социальных и функциональных аспектов в условиях плотной городской застройки и реализуют концепцию «город-парк». Главным отличительным признаком таких комплексов является пространственная стратегия организации открытых общественных зон – горизонтально-распределенная или вертикально-интегрированная.

2. Важно отметить, что выявленные КСЦ имеют разное социальное, экологическое и градостроительное значение для развития городов и обществ.

Крупномасштабные комплексы павильонного типа имеют большое значение для формирования непрерывного экологического каркаса мегаполиса. Они связывают воедино крупные природные артерии (реки, городские парки) и выполняют роль масштабных рекреационно-туристических хабов общегородского значения.

Компактные комплексы находятся ближе всего к повседневной жизни людей в условиях сверхплотной застройки. Использование эксплуатируемых кровель, многоуровневых террас и полуоткрытых стилобатов позволяет вернуть горожанам рекреационные площади, делая спорт и культуру неотъемлемой частью повседневного паркового ландшафта. Благодаря круглосуточным многоярусным парковым пространствам, они максимально компенсируют дефицит земли на нулевой отметке, являясь социальным «катализатором» для местных сообществ.

3. Выявленные принципы архитектурной организации КСЦ (интеграция с экологическим каркасом и проницаемость, многоуровневая система открытых пространств, функциональный симбиоз и гибридизация) формируют универсальную методологическую базу для адаптации архитектурных решений к различным градостроительным условиям (от сверхплотных мегаполисов до территорий с меньшей плотностью) и могут быть применены в мировой архитектурной практике как гибкий инструмент для устойчивого развития урбанизированной среды.

Литература

1. Зрнзевич, Н. Спортивные объекты как важный фактор развития архитектуры города / Н. Зрнзевич, Р. Цветкович, Й. Зрнзевич // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 2. – С. 90-96. – DOI 10.12737/24425. – EDN XTBMQD.

2. Мелихов, И. Д. Проектирование спортивно-рекреационных объектов как многофункциональных платформ / И. Д. Мелихов // Вестник науки. – 2026. – Т. 1, № 1(94). – С. 189-193. – EDN LIJJAQ.

3. Осминина, П. В. Современные тенденции в проектировании и строительстве спортивных сооружений / П. В. Осминина // Строительство и управление недвижимостью: современное состояние и перспективы развития : сборник материалов 3-й Международной научно-практической конференции, Курск, 21 марта 2025 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2025. – С. 152-157. – EDN MEPGQS.

4. China: A New Approach for Efficient, Inclusive, Sustainable Urbanization [Электронный ресурс] // The World Bank. – Режим доступа: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/03/25/china-a-new-approach-for-efficient-inclusive-sustainable-urbanization (дата обращения: 14.04.2026).

5. Правила управления городскими парками (Проект для комментариев) [Электронный ресурс] // Министерство юстиции КНР. – Режим доступа: https://www.moj.gov.cn/pub/sfbgw/lfyjzj/lflfyjzj/202311/W020231120379831950440.doc (дата обращения: 14.04.2026).

6. Народное правительство муниципального образования Шэньчжэнь. Генеральный план строительства Парк-Сити и трехлетний план действий (2022-2024 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pnr.sz.gov.cn/xxgk/ztzl/zdxzjc/jcgb/content/post_10778896.html (дата обращения: 14.04.2026).

7. Национальная комиссия по развитию и реформам КНР. Уведомление о продвижении строительства пилотной демонстрационной зоны концепции развития "Парк-Сити" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202404/t20240426_1366225.html (дата обращения: 14.04.2026).

8. Зобова, М. Г. Современные принципы проектирования спортивных комплексов / М. Г. Зобова // Приволжский научный журнал. – 2012. –№ 3(23). – С. 158-162.

9. Цайзер, О. В. Принцип моделирования при разработке концепции спортивного сооружения / О. В. Цайзер // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 784. – EDN SHCUKU.

10. Чэнь, Син. Исследование стратегии проектирования общественного пространства культурно-спортивного центра с точки зрения повседневной жизни // Университет Хунань. 2021. DOI:10.27135/d.cnki.ghudu.2021.001141.

11. Чэнь, Лисянь. Исследование стратегии проектирования внешних общественных пространств комплекса культурных зданий в компактных и плотных средах // Южно-Китайский технологический университет. 2018. – Режим доступа: https://oversea.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=tdDAU2ZCd1qG8Tvj7Snj9beTFaGsUGZQJ8q1_ZuJzWgj67ULFDP5E0OMxvXNOey2AYC_W2RyjvPBfXCEjI1yvCVdsRkRd6afUSdSk8lAg2WSNwWkMhC5UM04y1r-oCBjG-uPhAjUHpB-TaXv7XHYHrEvWMlJ2EaKS906JIw0HVo=&uniplatform=OVERSEA (дата обращения: 30.04.2026).

12. The 15-Minute City Concept and New Working Spaces: A Scoping Review [Электронный ресурс] // MDPI – Sustainability. – Режим доступа: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3146 (дата обращения: 14.04.2026).

13. Скоблицкая, Ю. А. Архитектурно-планировочные особенности становления многоуровневых спортивных комплексов / Ю. А. Скоблицкая // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 65-75. – DOI 10.31675/1607-1859-2022-24-2-65-75. – EDN DJACJR.

14. Козлов, К. В. Функционально-планировочная организация современных фитнес-центров на примере Санкт-Петербурга / К. В. Козлов // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 3(80). – С. 21-30. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-21-30. – EDN MVAUQZ.

15. Яковлева, К. С. Объекты ландшафтного дизайна как инструменты идентичности городской среды / К. С. Яковлева // Инновации и инвестиции. – 2026. – № 1. – С. 533-534. – EDN CNWXNG.

16. Ся, Ц. Китайская стилистика: ландшафт, архитектура и Зеленая архитектура / Ц. Ся // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Сборник трудов Восемнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 22–24 апреля 2015 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2015. – С. 142-145.

17. Янковская, Ю. С. "Зеленая архитектура" и устойчивое развитие жилой среды современного города : Монография / Ю. С. Янковская, А. В. Меренков ; Министерство науки и высшего образования Российской

Федерации, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – 156 с.

The "park city" concept in the architecture of modern cultural and sports centers (a case study of China)

Ivina M.S., Xu Yiping
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the architectural transformation of Cultural and Sports Centers (CSCs) amid urbanization and a shortage of ecological spaces, based on the Chinese urban planning concept of the "Park City." The aim of the study is to identify the architectural and spatial strategies that allow CSCs to be integrated into the urban ecosystem. An analysis was conducted on recent projects in China (Chengdu and Shenzhen), classified by their scale and building density. The findings reveal that the integration of architecture and landscape is achieved through multi-level spatial organization, vertical functional zoning, and the creation of 24-hour open recreational zones on accessible roofs. The study concludes that the synergy between sports-cultural functions and the ecological framework effectively addresses the shortage of public spaces and establishes a sustainable development model for a new typology of buildings.

Keywords: architecture, cultural and sports center, "Park City," ecological sustainability, principles of architectural organization.

References

1. Zrnzevich, N., Tsvetkovich, R., & Zrnzevich, Y. (2017). Sports facilities as an important factor in the development of city architecture. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*, (2), 90-96. DOI: 10.12737/24425.
2. Melikhov, I. D. (2026). Design of sports and recreational facilities as multifunctional platforms. *Bulletin of Science*, 1(1(94)), 189-193.
3. Osminina, P. V. (2025). Modern trends in the design and construction of sports facilities. In *Construction and Real Estate Management: Current State and Development Prospects: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference* (pp. 152-157). Kursk: Southwest State University.
4. The World Bank. (2014). *China: A New Approach for Efficient, Inclusive, Sustainable Urbanization*. Retrieved April 14, 2026, from https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/03/25/china-a-new-approach-for-efficient-inclusive-sustainable-urbanization
5. Ministry of Justice of the PRC. (2023). *Rules for the Management of Urban Parks (Draft for Comment)*. Retrieved April 14, 2026, from https://www.moj.gov.cn/pub/sfbgw/lfyjzj/lflfyjzj/202311/W020231120379831950440.doc
6. People's Government of Shenzhen Municipality. (2022). *Park City Construction Master Plan and Three-Year Action Plan (2022-2024)*. Retrieved April 14, 2026, from http://pnr.sz.gov.cn/xxgk/ztzl/zdxzjc/jcgb/content/post_10778896.html
7. National Development and Reform Commission of the PRC. (2024). *Notice on Promoting the Construction of a Pilot Demonstration Zone for the "Park City" Development Concept*. Retrieved April 14, 2026, from https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202404/t20240426_1366225.html
8. Zobova, M. G., & Kiverov, D. A. (2025). The experience of new construction of sports facilities in the historical environment of cities. *Urban Planning and Architecture*, 15(2(59)), 65-70. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.09.
9. Tsaizer, O. V. (2015). The principle of modeling in developing the concept of a sports facility. *Modern Problems of Science and Education*, (2-1), 784. Retrieved from https://elibrary.ru/item.asp?id=24123617
10. Chen, X. (2021). *Research on the design strategy of public space of a cultural and sports center from the perspective of everyday life*. Hunan University. DOI:10.27135/d.cnki.ghudu.2021.001141.
11. Chen, L. (2018). *Research on the design strategies of external public space of cultural building complex in compact and high density environment*. South China University of Technology. Retrieved April 30, 2026,from https://oversea.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=tdDAU2ZCd1qG8Tvj7Snj9beTFaGsUGZQJ8q1_ZuJzWgj67ULFDP5E0OMxvXNOey2AYC_W2RyjvPBfXCEjI1yvCVdsRkRd6afUSdSk8lAg2WSNwWkMhC5UM04y1r-oCBjG-uPhAjUHpB-TaXv7XHYHrEvWMlJ2EaKS906JIw0HVo=&uniplatform=OVERSEA
12. MDPI – Sustainability. (n.d.). *The 15-Minute City Concept and New Working Spaces: A Scoping Review*. Retrieved April 14, 2026, from https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3146
13. Skoblitskaya, Y. A. (2023). Trends in architectural formation and urban placement of major stadiums. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*, (9), 73-82. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-73-82.
14. Kozlov, K. V. (2020). Functional and planning organization of modern fitness centers on the example of St. Petersburg. *Bulletin of Civil Engineers*, 3(80), 6-10. Retrieved from https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43845912
15. Yakovleva, K. S. (2026). Objects of landscape design as tools for urban environment identity. Innovatsii i investitsii [Innovations and Investments], (1), 533-534. EDN: CNWXNG.
16. Xia, Q. (2015). Chinese style: landscape, architecture and green architecture. In *Construction - Formation of the Living Environment: Proceedings of the 18th International Scientific and Practical Conference* (pp. 142-145). Moscow: Moscow State University of Civil Engineering.
17. Yankovskaya, Y. S., & Merenkov, A. V. (2020). *Green architecture and sustainable development of the residential environment of a modern city: Monograph*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

Современные технологии устройства и мониторинга подземных сооружений в условиях плотной городской застройки

Иошкин Виктор Александрович
бакалавриат, НИУ МГСУ, me@ioshkin.ru

Статья посвящена современным технологиям устройства и мониторинга подземных сооружений в условиях плотной городской застройки. Рассмотрены инженерные ограничения, возникающие при освоении подземного пространства мегаполисов: стесненность площадок, наличие действующих коммуникаций, изменение гидрогеологических условий, рост глубины котлованов и чувствительность окружающей застройки к дополнительным деформациям. Проанализированы технологии строительства, применяемые при создании заглубленных объектов, включая ограждающие конструкции типа «стена в грунте», многоярусные системы крепления, струйную цементацию, свайные и плитно-свайные фундаменты, методы водопонижения и противофильтрационной защиты. Основное внимание уделено инструментальному мониторингу как обязательному элементу жизненного цикла подземного сооружения. Систематизированы геодезические, геотехнические, деформационные и сейсмометрические методы наблюдений, показана их взаимодополняемость и связь с цифровыми расчетными моделями. Обоснована необходимость непрерывного мониторинга в реальном времени, интеграции датчиков в единую программно-аналитическую среду и применения многопараметрического подхода к оценке технического состояния сооружений и грунтового массива. Показано значение мониторинга на примерах крупных подземных комплексов Москвы.

Ключевые слова: подземные сооружения, плотная городская застройка, геотехнический мониторинг, инструментальный мониторинг, стена в грунте, котлован, грунтовый массив.

Освоение подземного пространства крупных городов определяется дефицитом свободных территорий, высокой стоимостью наземной застройки и усложнением транспортно-инженерной инфраструктуры. Подземные сооружения размещаются в зоне действия существующих фундаментов, тоннелей, коллекторов, кабельных линий, дренажных систем и участков с неоднородным техногенным переустройством грунтов. В таких условиях строительная технология перестает быть изолированным производственным решением. Она становится частью геотехнической системы, в которой состояние нового объекта, окружающих зданий и основания изменяется совместно.

Рост глубины заложения подземных частей зданий приводит к увеличению напряжений в основании, изменению фильтрационного режима и перераспределению деформаций в массиве. При устройстве глубоких котлованов даже малые горизонтальные смещения ограждений способны вызвать осадки существующей застройки, раскрытие трещин, нарушение работы инженерных сетей и снижение эксплуатационной надежности соседних объектов. Источник риска связан не с отдельной конструкцией, а с совокупностью факторов: геологическим строением площадки, историей техногенного воздействия, схемой производства работ, сезонными колебаниями уровня подземных вод, транспортной вибрацией и фактическим отклонением параметров строительства от расчетных.

Современное проектирование подземных сооружений опирается на трехмерные информационные модели, расчетные комплексы и результаты инженерных изысканий. Трехмерное моделирование дает пространственное представление о взаимном положении конструкций, коммуникаций и инженерно-геологических элементов [1]. Однако цифровая модель отражает расчетное или обследованное состояние, тогда как реальное поведение системы «сооружение — основание — окружающая застройка» формируется в процессе строительства и эксплуатации под действием переменных нагрузок. По этой причине мониторинг приобретает статус основного источника верификации проектных предпосылок.

В нормативной практике натурные наблюдения на площадках нового строительства рассматриваются как обязательная часть обеспечения безопасности. Их задача состоит в регистрации отклонений фактического поведения конструкций и грунтового массива от проектных значений. Для подземных объектов мониторинг направлен прежде всего на контроль напряженно-деформированного состояния основания, фундаментов, ограждающих элементов котлована, перекрытий распорного действия, анкеров, свай и прилегающих сооружений. Практическая ценность мониторинга определяется не формальным накоплением измерений, а возможностью оперативного сопоставления данных с предельно допустимыми критериями и корректировки технологии работ.

Конструктивно-технологические решения для подземного строительства в стесненных условиях выбираются по критериям минимизации деформационного влияния на окружающую среду. Широкое применение получила технология «стена в грунте», сочетающая функции ограждения котлована, противофильтрационной завесы и, в ряде случаев, постоянной наружной стены подземного сооружения. Ее эффективность определяется жесткостью панели, качеством стыков, точностью проходки траншеи и соответствием бетонной смеси условиям укладки под глинистым раствором. В плотной застройке технология ценна ограничением раскрытия деформационной воронки и снижением влияния на соседние фундаменты по сравнению с менее жесткими ограждениями [2].

При значительной глубине разработки используются многоярусные системы крепления: распорные рамы, грунтовые анкеры, временные и постоянные перекрытия, работающие как горизонтальные диски жесткости. Выбор между распорной и анкерной схемой зависит от конфигурации площадки, наличия подземных коммуникаций, допуска к использованию соседних участков и требований к водонепроницаемости. Анкеры уменьшают стесненность внутри котлована, но требуют анализа зоны их работы за пределами участка и учета возможного воздействия на чужие сети и сооружения. Распорные конструкции увеличивают трудоемкость производства работ, однако обеспечивают предсказуемую схему восприятия усилий в пределах строительной площадки.

Для повышения устойчивости грунтов и снижения водопроницаемости применяются методы струйной цементации, силикатизации, компенсационного нагнетания, устройства грунтоцементных массивов и искусственного закрепления основания. Струйная цементация эффективна при формировании противофильтрационных экранов, усилении слабых

прослоек и создании временных несущих элементов под существующими фундаментами. В условиях неоднородного техногенного массива геометрия грунтоцементных тел требует обязательной проверки, поскольку расчетный диаметр колонн часто отличается от получаемого в натуре [3].

Отдельную группу технологий образуют плитные, свайные и плитно-свайные фундаменты для подземных комплексов. Плитный фундамент обеспечивает перераспределение контактных давлений и удобен при большой площади подземной части. Свайные системы применяются при наличии слабых верхних слоев, высокой ответственности объекта и необходимости ограничения осадок. Плитно-свайная схема позволяет сочетать работу плиты как распределительного элемента и свай как ограничителей перемещений. В городской среде параметры свайного поля определяются не только несущей способностью, но и вибрационным воздействием технологии устройства. По этой причине буровые и буронабивные методы нередко имеют приоритет перед забивными.

Гидрогеологический фактор сохраняет ключевое значение для подземного строительства. Водопонижение изменяет эффективные напряжения в грунте, вызывает дополнительные осадки и может распространить влияние далеко за пределы котлована. Если площадка расположена рядом с исторической застройкой или тоннелями метрополитена, даже локальное понижение уровня подземных вод способно привести к развитию длительных деформаций. Противофильтрационные мероприятия, включая «стену в грунте», завесы закрепления, инъекционные барьеры и замкнутые контуры ограждений, проектируются с учетом фильтрационной анизотропии массива и возможности обходной фильтрации по техногенным включениям.

Надежность подземного сооружения в такой среде определяется качеством обратной связи между расчетом, производством работ и системой наблюдений. Инструментальный мониторинг формирует эту связь через регистрацию перемещений, нагрузок, порового давления, вибраций и иных параметров, отражающих изменение технического состояния. Его структура включает несколько взаимосвязанных направлений [4].

Геодезический мониторинг обеспечивает контроль пространственных перемещений конструкций и окружающей застройки. Традиционное высокоточное нивелирование сохраняет значение при измерении осадок реперов, марок на фасадах и деформационных знаков на конструкциях. Электронные тахеометры, роботизированные станции, цифровые нивелиры и лазерное сканирование расширяют объем наблюдений и повышают скорость получения данных. Лазерное сканирование особенно полезно при сложной геометрии подземных помещений и при обследовании стен котлована, где требуется пространственная фиксация формы поверхности. Спутниковые методы ограничены в глубоких выемках и закрытых пространствах, поэтому в городской геотехнике они играют вспомогательную роль.

Недостаток чисто геодезического подхода связан с дискретностью и интегральным характером результатов. Измеренная осадка фиксирует следствие процессов, но не раскрывает механизм перераспределения напряжений, изменения порового давления или развития пластических зон в основании. По этой причине геодезические наблюдения должны дополняться геотехническими измерениями, работающими внутри массива.

Геотехнический мониторинг включает контроль осадок грунта, горизонтальных смещений, порового давления, уровня подземных вод, контактных напряжений и усилий в элементах основания. Для этих целей применяются скважинные инклинометры, пьезометры, экстензометры, датчики давления под фундаментной плитой, тензометрические приборы в сваях и элементы межскважинного просвечивания. Пьезометрические наблюдения дают информацию о развитии фильтрационных процессов и эффективности водопонижения. Измерение нагрузок в сваях позволяет оценить перераспределение усилий между элементами фундамента по стадиям строительства [5].

Принципиальное значение имеет размещение датчиков. Схема наблюдений строится на основе инженерно-геологических разрезов, расчетных полей перемещений и анализа зон максимального риска. Датчики, установленные без привязки к вероятным механизмам деформирования, дают фрагментарную картину и затрудняют интерпретацию. На площадке глубокого котлована контрольные сечения должны охватывать углы, середины длинных сторон, участки примыкания к существующим зданиям, зоны инженерных коммуникаций и области вероятной несимметричной разгрузки массива. Для подземной части высотного здания к этим зонам добавляются участки концентрации вертикальной нагрузки от ядра жесткости и колонн.

Мониторинг нагрузок и деформаций в конструкциях предназначен для оценки работы фундаментной плиты, стен, колонн, перекрытий, распорок и анкеров. Применяются вибрационные тензодатчики, датчики силы, деформометры, датчики раскрытия швов и трещин, а также инклинометры, устанавливаемые на разных уровнях по высоте сооружения. Такая схема позволяет фиксировать неравномерность осадок и изгибные деформации конструктивных элементов. Автоматизированный режим регистрации ценен при интенсивной фазе строительства, когда состояние объекта меняется в течение коротких интервалов времени вследствие разработки очередного яруса, включения анкеров или бетонирования жестких связей.

Сейсмометрические и вибрационные методы образуют отдельный блок наблюдений. В городской среде колебания вызываются транспортными потоками, работой строительной техники, забуриванием, забивкой, проходкой тоннелей, ветровыми нагрузками и микросейсмическим фоном. Регистрация ускорений, скоростей колебаний и частотного состава отклика сооружения необходима для оценки совместной работы конструкции и основания. Эти методы дают «мгновенное» состояние системы и позволяют выявлять изменения динамических характеристик, связанные с накоплением повреждений, снижением жесткости контакта или изменением условий опирания.

Максимальная эффективность достигается при объединении геодезических, геотехнических, деформационных и сейсмометрических данных в единую программно-аналитическую среду. Такая система не сводится к диспетчерскому сбору измерений. Она должна включать базы исходных данных, расчетные модели, алгоритмы фильтрации и валидации сигналов, пороговые значения, процедуры оповещения и механизмы актуализации прогнозов [6]. Если зафиксирован рост горизонтальных смещений ограждения выше расчетной траектории, система должна сопоставить его с динамикой порового давления, скоростью выемки грунта, нагрузкой на распорные элементы и осадками соседних зданий. Только при такой связности данные мониторинга становятся основанием для инженерного решения.

Крупные московские проекты показали практическую состоятельность такого подхода. При строительстве центрального ядра комплекса «Москва-Сити», включающего многоуровневую подземную часть значительной глубины, прогноз напряженно-деформированного состояния массива выполнялся поэтапно и корректировался по результатам наблюдений. Для объекта с котлованом порядка 23 м и протяженным контуром ограждения это имело принципиальное значение, поскольку фактическое поведение «стены в грунте» и основания зависело от последовательности разработки, устройства перекрытий и изменения гидрогеологических условий.

Подземный комплекс «Охотный ряд» продемонстрировал иной аспект задачи: необходимость учета истории изменения состояния массива и анализа опасных геологических процессов. При его создании были задействованы наблюдения за деформациями грунта, уровнями подземных вод, состоянием тоннелей метро, осадками соседних зданий и перемещениями ограждающих конструкций. Такой набор параметров отражал реальную многокомпонентность риска. Поведение подземного объекта в центре города определялось не одной расчетной схемой, а пересечением транспортного, гидрогеологического и геотехнического влияния.

Переход к непрерывному мониторингу в реальном времени связан с двумя задачами. Первая состоит в сокращении интервала между возникновением опасной тенденции и инженерной реакцией. Вторая относится к накоплению массивов данных для адаптации расчетных моделей. Если измерения поступают автоматически, появляется возможность оценивать скорость изменения параметра, а не только его абсолютное значение. Для геотехнических процессов именно скорость часто служит более чувствительным индикатором опасности, чем достигнутый уровень осадки или крена.

При создании автоматизированных систем возникает методологическая проблема интерпретации. Напряжение и относительная деформация являются расчетными величинами. Непосредственно измеряются силы, перемещения, поровое давление, ускорения, температуры, раскрытие швов. Переход от измеряемых параметров к оценке напряженно-деформированного состояния осуществляется через математическую модель, основанную на допущениях о свойствах материала, контактах, граничных условиях и законах деформирования. Поэтому достоверность вывода зависит не только от качества датчика, но и от адекватности модели [7]. Для подземных сооружений, работающих в неоднородных грунтах, эта зависимость особенно жесткая.

По этой причине мониторинг не может рассматриваться как деятельность узкой приборной специализации. Его результаты требуют совместного анализа геотехников, инженеров-строителей, гидрогеологов,

специалистов по инженерной геологии, обработке сигналов и цифровому моделированию. Аварийные сценарии в подземном строительстве формируются при наложении нескольких механизмов: потери устойчивости ограждения, локального разуплотнения основания, роста фильтрационных градиентов, дефекта стыков противофильтрационной завесы, перераспределения усилий в распорной системе, вибрационного воздействия на слабые водонасыщенные прослои. Изолированное наблюдение одного параметра такую комбинацию не выявляет.

Современное развитие технологии связано с цифровыми двойниками подземных объектов. Их практическая ценность проявляется при постоянном обновлении модели по данным мониторинга. Тогда трехмерная расчетная схема перестает быть статичной проектной иллюстрацией и становится рабочим инструментом прогноза. На этой основе возможны сценарные расчеты: изменение этапности выемки, усиление крепления, корректировка режима водопонижения, локальное закрепление грунта, перераспределение технологических нагрузок [8]. Для городской среды такой подход снижает вероятность решений, основанных на запаздывающей реакции после появления явных деформационных признаков.

Эффективность устройства и мониторинга подземных сооружений в плотной застройке определяется согласованностью трех компонентов: корректного инженерного прогноза, технологии с контролируемым деформационным воздействием и многопараметрической системы наблюдений. Наиболее результативными оказываются решения, при которых мониторинг закладывается на стадии проектирования, а не вводится после появления признаков неблагополучия. Подземное строительство в мегаполисе требует не локального контроля отдельных элементов, а управления всей системой взаимодействия сооружения, грунтового массива, подземных вод и окружающей застройки. Именно такая организация работ обеспечивает безопасность, прогнозируемость деформаций и устойчивость эксплуатации объектов подземной инфраструктуры.

Литература

1. МГСН 2.07-01 Московские городские строительные нормы. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Приняты и введены в действие постановлением Правительства Москвы от 22.04.03 г. № 288-ПП. - 32с.
2. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в г. Москве МГСН 4.19-2005. М., 2005. - 129 с.
3. International Building Code 2003, ISBN # 1-892395-97-7 (e-dociment).
4. Design loads for building, imposed loads. Wind loads on structures unsusceptible to vibration // DIN 1055, part 4, 1986. 30 p.
5. Капустян Н.К., Вознюк А.Б. Опыт проектирования и эксплуатации схем мониторинга конструкций и оснований высотных зданий. Мониторинг высотного 44-этажного жилого дома на Давыдковской улице «Технологии, машины, оборудование, материалы и нормативное обеспечение для подземного и высотного строительства» Т. 2 - «Высотное строительство», М. КДЦ «Гостиный двор», 2006. С. 17-19.
6. Катценбах Р., Шмитт А., Рамм Х. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франкфурта-на-Майне. Случаи из практики // Реконструкция городов и геотехническое строительство, № 9, СПб, АСВ. 2005. С. 80-99.
7. Айме К.А. Мониторинг зданий и котлованов, ч. 2 //Строительные материалы, оборудование, технологии века, № 11, 2005, С. 37-39.
8. Сухин В.В., Ламперти Р. Мониторинг строительного объекта - это необходимость им требование времени// Уникальные и специальные технологии в строительстве, М. «Дом на Брестской», 2005, С. 72-73.

Modern Technologies for the Construction and Monitoring of Underground Structures in Dense Urban Environments

Ioshkin V.A.

National Research University Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines modern technologies for the construction and monitoring of underground structures in dense urban environments. The article examines engineering constraints arising during the development of underground space in megacities: site constriction, the presence of existing utilities, changing hydrogeological conditions, increasing excavation depths, and the sensitivity of surrounding buildings to additional deformations. Construction technologies used in the creation of underground structures are analyzed, including diaphragm wall enclosing structures, multi-tiered support systems, jet grouting, pile and raft-pile foundations, dewatering methods, and seepage protection. The focus is on instrumental monitoring as a mandatory element of the life cycle of an underground structure. Geodetic, geotechnical, deformation, and seismometric observation methods are systematized, demonstrating their complementarity and connection with digital computational models. The need for continuous real-time monitoring, sensor integration into a unified software and analytical environment, and the use of a multiparameter approach to assessing the technical condition of structures and soil mass is substantiated. The importance of monitoring is demonstrated using examples of large underground complexes in Moscow.

Keywords: underground structures, dense urban development, geotechnical monitoring, instrumental monitoring, diaphragm wall, excavation pit, soil mass.

References

1. MGSN 2.07-01 Moscow city building Regulations. Foundations, foundations, and underground structures. Adopted and put into effect by Decree of the Government of Moscow dated 04/22/03 № 288-PP. - 32s.
2. Temporary norms and rules for the design of multifunctional high-rise buildings and building complexes in Moscow MGSN 4.19-2005. Moscow, 2005. - 129 p.
3. International Building Code 2003, ISBN # 1-892395-97-7 (e-dociment).
4. Design loads for building, imposed loads. Wind loads on structures unsusceptible to vibration // DIN 1055, part 4, 1986. 30 p.
5. Kapustyan N.K., Voznyuk A.B. Experience in designing and operating monitoring schemes for structures and foundations of high-rise buildings. Monitoring of a 44-storey high-rise residential building on Davydkovskaya Street "Technologies, machines, equipment, materials and regulatory support for underground and high-rise construction" Vol. 2 - "High-rise construction", Moscow, Gostiny Dvor Shopping Center, 2006. pp. 17-19.
6. Katzenbach R., Schmitt A., Ramm H. Basic principles of design and monitoring of high-rise buildings in Frankfurt am Main. Cases from practice // Urban reconstruction and geotechnical construction, No. 9, St. Petersburg, ASS. 2005. pp. 80-99.
7. Aime K.A. Monitoring of buildings and pits, part 2 //Construction Materials, Equipment, technologies of the Century, No. 11, 2005, pp. 37-39.
8. Sukhin V.V., Lamperti R. Monitoring of a construction site is a necessity and a requirement of time// Unique and special technologies in construction, M. "Dom na Brestskaya", 2005, pp. 72-73.

Формирование критериев строительного контроля на основе требований СП 543 в условиях городской застройки

Иошкин Виктор Александрович
бакалавриат, НИУ МГСУ, me@ioshkin.ru,

Помозов Глеб Владимирович
бакалавриат, НИУ МГСУ, gleb.pomozov363636@yandex.ru

В статье исследуются основания перехода от традиционных эпизодических форм контроля к системе постоянного надзора за строительными объектами в условиях плотной городской застройки. Показано, что фрагментарность нормативной базы и разобщённость функций участников строительства снижают эффективность существующих моделей контроля. Обоснована необходимость формирования новых критериев, основанных на непрерывности наблюдения, интеграции организационных и технологических процессов и применении цифровых инструментов. Особое внимание уделено роли информационного моделирования, автоматизации строительного контроля и взаимосвязи между авторским, государственным и подрядным надзором. Сформулированы выводы о том, что переход к постоянному мониторингу является ключевым условием обеспечения инженерно-строительной безопасности и устойчивости городской среды.

Ключевые слова: постоянный надзор, строительный контроль, городская среда, цифровизация, инженерная безопасность, нормативные критерии, информационные модели, авторский надзор, государственный надзор, мониторинг рисков.

Введение

В начале XXI века градостроительное развитие крупных городов вступило в фазу высокой технологической и организационной сложности, что усилило требования к точности и непрерывности контроля в строительстве. Рост плотности застройки, включающий наличие подземных коммуникаций, транспортных узлов и инженерных сетей, повышает чувствительность городской среды к любым отклонениям в ходе работ. Эпизодический контроль, опирающийся на выборочные проверки и фиксированные этапы освидетельствования, всё хуже согласуется с характером современных процессов, где риск возникает не в момент приёмки, а во время ежедневного выполнения операций. Исследования, посвящённые инженерно-строительной безопасности, подчёркивают необходимость рассматривать город как динамическую систему, которую невозможно защитить лишь набором разрозненных регламентов.

Параллельно возрастает роль цифровых технологий, способных фиксировать состояние конструкций, передавать информацию в реальном времени и обеспечивать аналитическую непрерывность контроля. Однако нормативная база, регламентирующая строительный надзор, формировалась под логику периодических инспекций и не учитывает новые технические возможности. В результате контрольные процедуры оказываются неравномерными, а их результаты малопригодными для своевременного управления рисками. Переход к постоянному надзору требует уточнения принципов, по которым оценивается качество строительных процессов, степени ответственности участников и критериев допустимых отклонений.

Формирование этих критериев становится ключевым условием обновления всей системы строительного надзора. Новая парадигма должна учитывать особенности городской среды, включать механизмы цифровой фиксации данных и опираться на представление о надзоре как о непрерывном процессе, обеспечивающем устойчивость городской инфраструктуры.

Теоретико-нормативные основания перехода к постоянному надзору

Развитие строительной отрасли в условиях усложняющейся городской среды потребовало пересмотра логики нормативного регулирования и механизмов контроля. Базовые формы надзора — государственный строительный надзор, строительный контроль и авторский надзор — изначально создавались как инструменты эпизодической проверки соответствия проектным решениям, установленным нормам и параметрам безопасности. Их функциональное распределение отражает модель, в которой контроль выступает завершением отдельных этапов строительства, а не непрерывной процедурой сопровождения объекта. Строительный контроль подрядчика встроен в процесс производства работ и охватывает текущие операции, но при этом не обладает полномочиями, необходимыми для управления рисками на уровне системы [1]. Государственный строительный надзор ориентирован на проверку соблюдения обязательных требований и регламентов, что подчёркивается в научных работах, фиксирующих его значимость как гаранта охраны общественных интересов и инженерной безопасности городской среды [2, 3, 4]. Авторский надзор обеспечивает соответствие воплощения замысла проектным решениям, но остаётся ограниченным рамками документации и не охватывает общую конфигурацию организационных и технологических процессов [5].

Фрагментарность действующей нормативной базы формирует внутренние противоречия между задачами различных форм надзора. Исследования, посвящённые инженерно-строительной безопасности городских территорий, указывают, что современный город функционирует как целостная инфраструктурная система, в которой локальные нарушения быстро трансформируются в цепочки критических событий [6]. При сохранении эпизодического характера контроля нарушается своевременность выявления отклонений, а отдельные регламенты теряют способность обеспечивать требуемый уровень устойчивости строительных процессов. Это особенно заметно в условиях плотной городской застройки, где пространственные ограничения, высокая насыщенность подземными и надземными коммуникациями и необходимость минимизировать вмешательство в существующую инфраструктуру повышают чувствительность к нарушению технологической последовательности работ. В трудах, посвящённых перепрофилированию городских территорий, подчёр-

кивается, что традиционные механизмы оценки качества и управляемости процессов в таких условиях оказываются недостаточными, поскольку не включают критериев непрерывного мониторинга состояния объекта [7].

Особое значение приобретает иерархическая структура надзорных органов, определяющая распределение полномочий и сфер ответственности. В исследованиях по организации государственного строительного надзора при крупных проектах реконструкции показано, что эффективность надзора во многом определяется согласованностью действий участников и прозрачностью механизмов принятия решений [8]. Однако действующие модели регулирования не предусматривают инструментов постоянного контроля, которые позволили бы фиксировать отклонения в реальном времени и обеспечивать обратную связь между участниками. Международный опыт подтверждает, что эволюция надзорных систем происходит в направлении интеграции процедур контроля в непрерывные управленческие циклы, где наблюдение за строительным процессом становится частью общей системы управления рисками [9].

Проблема смены парадигмы заключается в необходимости согласования существующих регуляторных механизмов с новыми организационными и технологическими возможностями. Переход к постоянному надзору требует не только обновления нормативных требований, но и изменения представлений о роли контроля, который перестаёт быть формальной процедурой фиксации результата и превращается в инструмент формирования безопасной городской среды. Это создаёт основу для разработки критериев, определяющих содержание, интенсивность и инструменты будущей модели надзора, ориентированной на устойчивость и предсказуемость строительных процессов.

Эволюция критериев надзора и переход от эпизодических проверок к постоянному мониторингу

Трансформация моделей строительного надзора в городской среде тесно связана с усложнением организационных процессов и ростом требований к безопасности. Устойчивость инфраструктурных систем в условиях высокой плотности застройки зависит от того, насколько полно надзорные механизмы учитывают динамику изменений на строительной площадке. Концепция инженерно-строительной безопасности описывает эту зависимость через совокупность технологических, пространственных и организационных факторов, которые требуют непрерывного контроля, поскольку последствия нарушений в городской среде масштабируются и затрагивают широкий круг пользователей [6]. В практике надзора это приводит к переориентации критериев оценки состояния объекта: вместо фиксации отдельных отклонений формируется контур постоянного наблюдения, позволяющий отслеживать изменения параметров среды в реальном времени.

Переход к режиму постоянного мониторинга отражается в нормативных моделях управления проектами, особенно при перепрофилировании крупных городских территорий. Разрабатываемые критерии оценки организационных процессов включают необходимость фиксировать отклонения на ранних стадиях, когда риски ещё обратимы. Нормативно-правовые механизмы в этой области стремятся увязать процессы контроля качества и управления сложными системами, что подтверждается исследованиями, связывающими плотность городской застройки с ростом требований к систематическому надзору [7]. В условиях реновации и уплотнённой застройки классическая пошаговая проверка теряет эффективность: появляющиеся отклонения между проверками оказываются незамеченными и могут повлиять на несущие характеристики объекта или устойчивость прилегающих сооружений. Это создаёт основу для пересмотра критериев допускаемых отклонений, которые должны фиксироваться не постфактум, а в динамике.

Расширение иерархической структуры государственного строительного надзора также способствует формированию принципов постоянного наблюдения. Исследования организационных моделей надзора при перепрофилировании территорий показывают, что многослойная система принятия решений делает регулярный мониторинг единственным способом обеспечить своевременное информирование всех уровней управления [8]. Такая модель предполагает, что каждая инстанция — от исполнительных органов до технических подразделений — получает доступ к актуальным данным о ходе работ, а критерии оценки включают не только формальное соответствие нормативам, но и скорость реагирования на выявленные изменения. В результате надзор начинает функционировать как распределённая система наблюдения, способная адаптироваться к новым рискам и корректировать требования по мере развития проекта.

Международный опыт подтверждает необходимость перехода к непрерывным форматам контроля. В странах с развитой системой архитектурно-строительного надзора в критерии оценки включаются параметры устойчивости, динамика нагрузок, изменения характеристик строительных материалов и конструкций, что требует использования цифровых платформ и сенсорных систем. Международные модели фиксируют отличие между эпизодическим инспектированием и постоянным мониторингом, который позволяет получать данные о состоянии объекта до возникновения критических отклонений [9]. В отчётах зарубежных регуляторов подчёркивается, что непрерывное наблюдение становится обязательным элементом надзора именно в городской среде, где нарушение технологического режима приводит к цепным реакциям: деформациям сетей, перераспределению нагрузок, нарушению транспортных и инженерных систем.

Эволюция критериев надзора наиболее отчётливо проявляется в процессах цифровой нормализации строительного контроля, где фиксируемые параметры становятся частью единой информационной среды. Введение государственных стандартов, регламентирующих электронное ведение контрольной документации, переводит надзор в режим постоянного наблюдения и обеспечивает сопоставимость данных в динамике. Отличия между эпизодическими и непрерывными моделями контроля, сведённые в таблице 1, демонстрируют, как изменяются требования к глубине обследований, скорости реакций и интеграции данных. Новая цифровая конфигурация позволяет не только фиксировать нарушения, но и выявлять взаимосвязи между ними, анализировать временные ряды показателей и формировать критерии прогностического характера. Статические отчёты уступают место потокам наблюдений, что делает постоянный надзор ключевым инструментом управления качеством и рисками [10].

Таблица № 1

Сравнение критериев эпизодического контроля и постоянного мониторинга

№ п/п	Критерий сравнения	Эпизодический контроль	Постоянный мониторинг
1	Периодичность	Периодические проверки с фиксированными интервалами	Непрерывный сбор данных в реальном времени
2	Глубина обследований	Выборочная оценка ключевых этапов	Полное покрытие технологических операций и состояний конструкций
3	Тип выявляемых отклонений	Отклонения, проявляющиеся на момент проверки	Ранние, скрытые и развивающиеся отклонения
4	Скорость реакции	Ограниченная — зависит от графика инспекций	Высокая — предупреждение и коррекция до возникновения критической ситуации
5	Интеграция данных	Разрозненная документация	Единые цифровые модели, сквозная аналитика и автоматическая фиксация связей

Параллельно развивается взаимодействие строительного контроля, авторского надзора и государственного надзора. Исследования показывают, что авторский надзор обеспечивает непрерывную проверку соответствия проекта, тогда как строительный контроль отвечает за технологические параметры, а государственный надзор — за соблюдение нормативов [2, 3, 5]. При переходе к постоянному мониторингу эти три системы объединяются в единую последовательность наблюдений, где критерии фиксируются на всех уровнях: проектном, технологическом и нормативном. Согласование данных между участниками процесса становится ключевым условием формирования целостной модели состояния объекта, что особенно важно при крупных городских проектах.

В совокупности эти изменения отражают формирование новой парадигмы надзора: критерии контроля больше не замыкаются на моменте проверки, а становятся системой непрерывного подтверждения качества, основанной на своевременной фиксации, интерпретации и интеграции данных в общий цикл управления объектом.

Технологические и цифровые основания формирования постоянного надзора

Развитие цифровых технологий радикально изменило подход к контролю строительных процессов, создав предпосылки для перехода от эпизодического инспектирования к непрерывному мониторингу. Цифровая среда позволяет фиксировать состояние конструкций, отображать отклонения в динамике и обеспечивать прозрачность информационных потоков между участниками строительства. Появление платформ, которые интегрируют данные исполнительной документации, фото- и видеоматериалы, результаты измерений и аналитические отчёты в единую модель объекта, формирует новую конфигурацию контроля, основанную на постоянном обновлении данных и автоматической верификации действий исполнителей [10].

Системы, классифицированные по степени интеграции с информационными моделями зданий, позволяют по-разному выстраивать наблю-

дение за объектом. Программные комплексы, работающие с трёхмерными моделями, обеспечивают точную привязку выявляемых нарушений к конкретным элементам конструкции, что повышает оперативность принятия решений и снижает вероятность повторных ошибок. Двумерные решения, хоть и обладают меньшей глубиной сопряжения данных, сохраняют значимость в условиях, где цифровизация ещё не достигла полной зрелости, и используются для организации контроля на объектах с типовой проектной документацией [10].

Технологический переход сопряжён с изменением критериев оценки строительного процесса: фиксируются не только результаты отдельных операций, но и временные зависимости, последовательности действий, корректность исполнения технологических циклов и полнота данных, поступающих в систему. Нормативно-правовые исследования указывают, что интеграция систем мониторинга в управленческую вертикаль особенно важна в условиях плотной городской застройки, где темп работ и ограниченность пространства требуют постоянного сопоставления плановых и фактических параметров [7]. Появление цифровых двойников усиливает значимость прогностических инструментов: система способна выявлять потенциальные нарушения до их фактического проявления, что формирует новый уровень требований к надзору.

Функционирование постоянного мониторинга невозможно без корректного распределения компетенций между участниками строительства. Авторский надзор обеспечивает наблюдение за соблюдением проектных решений и становится ключевым источником данных о точности реализации архитектурных замыслов [5]. Государственный надзор, в свою очередь, получает возможность опираться на актуальные цифровые сведения о ходе строительства, что повышает эффективность контрольных мероприятий и снижает риск ошибок, связанных с задержкой информации [2, 3, 4]. Подрядная организация, отвечающая за строительный контроль, использует цифровые инструменты для подтверждения технологической последовательности и качества операций, что фиксируется в системах автоматизированного формирования исполнительной документации [1].

В зарубежной практике постоянный мониторинг включён в архитектурно-строительный надзор как обязательный элемент, обеспечивающий раннее выявление рисков и минимизацию человеческого фактора. На основании международных исследований формируются критерии цифровой зрелости надзорной системы, включающие полноту данных, скорость их обновления, уровень автоматизации и способность к интеграции в стратегические управленческие контуры городского развития [9].

Технологическая трансформация надзора создаёт условия, при которых контроль перестаёт быть реактивным и превращается в непрерывный процесс управления качеством. Цифровая среда фиксирует события в момент их возникновения, снижает зависимость от субъективных оценок и формирует объективный массив данных, необходимый для своевременного предотвращения рисков. Это определяет содержание новой парадигмы надзора, основанной на устойчивости, прогнозируемости и способности городской среды адаптироваться к изменениям, возникающим в ходе строительства.

Интеграция литературы: новейшие требования к строительному контролю по СП 543.1325800.2024

Теоретические и технологические предпосылки перехода к постоянному надзору, обсуждавшиеся выше, получили нормативное закрепление с введением в действие **СП 543.1325800.2024 «Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства»**. Этот свод правил, утвержденный Приказом Минстроя № 950/пр от 27.12.2024, впервые на уровне федерального стандарта систематизировал организацию и проведение строительного контроля, заложив основу для его превращения в непрерывный и сквозной процесс [2].

Ключевым нововведением СП 543 стало чёткое разделение и детализация функций между основными участниками: **лицом, осуществляющим строительство (подрядчиком)**, и **застройщиком (техническим заказчиком)**. Документ устанавливает, что одни и те же работники не могут осуществлять контроль от имени обеих сторон, что исключает конфликт интересов и формирует двухуровневую систему проверки.

Функции подрядчика, согласно СП 543, охватывают весь производственный цикл и включают [2]:

— **Входной контроль:** проверка проектной, рабочей документации, а также всех поступающих на площадку материалов, изделий и оборудования с ведением соответствующего журнала.

— **Операционный контроль:** непрерывная проверка соблюдения технологии выполнения всех строительно-монтажных работ.

— **Приемочный контроль:** освидетельствование скрытых работ, ответственных конструкций, а также испытания и пусконаладка инженерных систем.

Застройщик (технический заказчик), в свою очередь, выполняет надзорные и верификационные функции. Его задача — не дублировать подрядчика, а контролировать полноту и качество его контрольных мероприятий. В обязанности застройщика входит [2]:

— **Верификация входного контроля**, проводимого подрядчиком, через выборочную проверку материалов и документации.

— **Контроль за соблюдением правил складирования и хранения**.

— **Верификация операционного контроля** и проверка правильности ведения исполнительной документации, включая оценку достоверности геодезических схем.

— **Участие в освидетельствовании** ключевых этапов и подписание соответствующих актов.

Такая модель полностью соответствует идеологии постоянного мониторинга. Подрядчик обеспечивает сплошной контроль «на земле», в то время как заказчик осуществляет выборочный, но систематический аудит его работы. СП 543 детализирует состав и порядок ведения исполнительной документации, которая становится главным инструментом фиксации результатов контроля, и ссылается на смежные стандарты, такие как ГОСТ Р 21.101 (требования к документации) и ГОСТ Р 70108 (ведение исполнительной документации в электронном виде), что подчёркивает курс на цифровизацию отрасли.

Введение СП 543 является важнейшим шагом в практической реализации концепции постоянного надзора. Этот документ переводит абстрактную потребность в непрерывном контроле в плоскость конкретных, обязательных для исполнения процедур, распределяя ответственность и создавая прозрачную, документированную и, что особенно важно, двухуровневую систему обеспечения качества в строительстве.

Заключение

Проведённое исследование позволило установить совокупность критериев, определяющих необходимость перехода от эпизодического контроля к устойчивой системе постоянного надзора в строительстве городской среды. Анализ нормативных моделей показал, что действующая система надзора не обеспечивает требуемой оперативности и полноты наблюдения, поскольку ориентирована на фиксацию состояния объекта в отдельных точках строительного цикла. Выявлено, что безопасность городской инфраструктуры зависит от непрерывного поступления данных о ходе работ, а не от выборочной проверки соответствия установленным требованиям.

Организационные исследования подтвердили, что управление сложными проектами в условиях плотной застройки требует перераспределения функций между участниками строительства и согласования их действий в едином информационном контуре. Отдельные формы контроля — строительный, государственный и авторский — оказываются взаимодополняющими, если их критерии выстроены вокруг принципа непрерывности и допускают оперативное обновление данных.

Технологический анализ показал, что цифровая среда создаёт условия для устойчивого надзора, поскольку позволяет фиксировать отклонения в момент их появления, интегрировать данные в модели объектов и обеспечивать прогнозирование рисков. Возможность автоматизированного формирования исполнительной документации и привязки результатов контроля к цифровым моделям формирует новую управленческую логику, где надзор становится частью единого цикла обеспечения качества.

Полученные результаты подтверждают, что смена парадигмы надзора является не модернизацией отдельных процедур, а перестройкой всей системы управления строительством. Новая модель основана на прозрачности, своевременности и технологической прослеживаемости процессов, что делает её необходимым условием для повышения устойчивости городской среды и качества строительства.

Литература

1. Баулин А. В., Перунов А. С. Особенности и основные требования к осуществлению строительного контроля со стороны организации, осуществляющей строительство // Вестник евразийской науки. 2020. № 2. С. 3.

2. Каргалова Е. Ю., Кошель В. В., Мухамедова Е. К. Система государственного надзора в области строительства // Экономика и социум. 2017. № 10 (41). С. 175–180.

3. Люкшин А. М. Понятие и значение государственного строительного надзора // Russian Journal of Economics and Law. 2011. № 1 (17). С. 205–208.

4. Петров И. А. Государственный строительный надзор: основания и порядок его осуществления // Наука, техника и образование. 2016. № 10 (28). С. 44–46.

5. Томилова Б. И. Авторский надзор в строительстве // Наука и образование сегодня. 2020. № 7 (54). С. 36–37.

6. Дегтярев Б. М. Концепция инженерно-строительной безопасности городских территорий // Academia. Архитектура и строительство. 2011. № 3. С. 87–93.

7. Топчий Д. В., Кочурина Е. О. Формирование нормативно-правовых критериев оценки управления организационными процессами при реализации проектов по перепрофилированию значительных городских территорий // Инновации и инвестиции. 2018. № 10. С. 260–264.

8. Топчий Д. В., Токарский А. Я. Формирование иерархий в системе организации государственного строительного надзора при перепрофилировании городских территорий // Вестник евразийской науки. 2018. № 6. С. 69.

9. Юрченко Е. А. Механизмы государственного архитектурно-строительного контроля: международный опыт // Вестник Московского университета. Серия 21. Управление (государство и общество). 2013. № 3. С. 106–119.

10. Гайдо А. Н., Погода А. Г. Современные методы проведения строительного контроля // Инженерный вестник Дона. 2024. № 2 (110). С. 40.

Formation of construction control criteria based on the requirements of SP 543 in urban development conditions

Ioshkin V.A., Pomozov G.V.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the reasons for the transition from traditional episodic forms of control to a system of permanent supervision of construction sites in conditions of dense urban development. It is shown that the fragmentation of the regulatory framework and the disunity of the functions of construction participants reduce the effectiveness of existing control models. The necessity of forming new criteria based on the continuity of observation, the integration of organizational and technological processes and the use of digital tools is substantiated. Special attention is paid to the role of information modeling, automation of construction control and the relationship between copyright, government and contract supervision. The conclusions are formulated that the transition to continuous monitoring is a key condition for ensuring engineering and construction safety and sustainability of the urban environment.

Keywords: permanent supervision, construction control, urban environment, digitalization, engineering safety, regulatory criteria, information models, author's supervision, state supervision, risk monitoring.

References

1. Baulin A. V., Perunov A. S. Features and Basic Requirements for the Implementation of Construction Supervision by the Organization Carrying Out Construction // Bulletin of Eurasian Science. 2020. No. 2. P. 3.

2. Kargalova E. Yu., Koshel V. V., Mukhamedova E. K. The System of State Supervision in Construction // Economy and Society. 2017. No. 10 (41). Pp. 175–180.

3. Lyukshin A. M. Concept and Importance of State Construction Supervision // Russian Journal of Economics and Law. 2011. No. 1 (17). Pp. 205–208.

4. Petrov I. A. State Construction Supervision: Grounds and Procedure for its Implementation // Science, Technology and Education. 2016. No. 10 (28). Pp. 44–46.

5. Tomilova B. I. Author's supervision in construction // Science and education today. 2020. No. 7 (54). Pp. 36–37.

6. Degtyarev B. M. Concept of engineering and construction safety of urban areas // Academia. Architecture and Construction. 2011. No. 3. Pp. 87–93.

7. Topchiy D. V., Kochurina E. O. Formation of regulatory and legal criteria for assessing the management of organizational processes in the implementation of projects for the repurposing of significant urban areas // Innovations and Investments. 2018. No. 10. Pp. 260–264.

8. Topchiy D. V., Tokarsky A. Ya. Formation of hierarchies in the system of organizing state construction supervision during the re-profiling of urban territories // Bulletin of Eurasian Science. 2018. No. 6. P. 69.

9. Yurchenko E. A. Mechanisms of state architectural and construction control: international experience // Bulletin of Moscow University. Series 21. Management (state and society). 2013. No. 3. P. 106–119.

10. Gaido A. N., Pogoda A. G. Modern methods of conducting construction control // Engineering Bulletin of the Don. 2024. No. 2 (110). P. 40.

Повышение эффективности благоустройства общественных пространств на этапах жизненного цикла реализации проекта

Карахова Софья Анатольевна
студент, НИУ МГСУ, sofa123_123@mail.ru,

Гайдашенко Иван Илларионович
студент, НИУ МГСУ, 3vesna4@mail.ru,

Брусенцев Александр Алексеевич
студент, НИУ МГСУ, brusentsev25@gmail.com,

Идиятова Альбина Айратовна
студент, НИУ МГСУ, idiatova1102@mail.ru,

Боровкова Анастасия Евгеньевна
преподаватель, НИУ МГСУ, BorovkovaAE@mgsu.ru

В статье рассматриваются теоретические и методические аспекты повышения эффективности благоустройства общественных пространств с позиции жизненного цикла проекта. Обосновывается необходимость перехода от фрагментарного подхода к комплексной системе управления, которая будет охватывать стадии планирования, проектирования, реализации и эксплуатации. Раскрыта сущность благоустройства как деятельности, направленной на формирование устойчивой, функционально насыщенной и социально ориентированной городской среды. Проведен анализ основных проблем, снижающих эффективность проектов благоустройства: недостаточная проработка потребностей пользователей, отсутствие единых критериев оценки, ограниченность ресурсов, несогласованность этапов жизненного цикла. Внимание также уделено современным направлениям повышения эффективности, таким как внедрение методов оценки жизненного цикла, партисипаторное проектирование, использование цифровых технологий, развитие природно-ориентированных решений. Сделан вывод о необходимости формирования интегрированной модели управления благоустройством общественных пространств, которая будет обеспечивать их функционирование и адаптацию к изменяющимся условиям городской среды.

Ключевые слова: благоустройство общественных пространств, жизненный цикл проекта, городская среда, партисипаторное проектирование, цифровизация, зеленая инфраструктура.

В настоящее время общественные пространства выступают важным элементом городской среды, поскольку они определяют качество жизни населения, уровень социальной активности, устойчивость развития территорий и т.д.. Актуальность приобретает задача повышения эффективности благоустройства общественных пространств на всех этапах жизненного цикла реализации проекта. Несмотря на значительное внимание к вопросам благоустройства в научной и практической плоскости, в существующих подходах нередко наблюдается фрагментарность. Отдельные стадии жизненного цикла рассматриваются изолированно, что приводит к снижению общей эффективности проектов, увеличению затрат и пр. В этой связи возникает необходимость формирования системного подхода, учитывающего взаимосвязь всех этапов жизненного цикла, ориентированного на долгосрочные результаты.

Целью статьи является теоретическое обоснование направлений повышения эффективности благоустройства общественных пространств на различных этапах жизненного цикла реализации проекта, а также разработка концептуальных положений, обеспечивающих интеграцию управленческих, проектных и эксплуатационных решений.

Для достижения поставленной цели в работе используются следующие методы исследования: анализ и обобщение научной литературы по вопросам благоустройства и управления жизненным циклом проектов; системный подход, позволяющий рассматривать благоустройство как систему взаимосвязанных процессов; метод сравнительного анализа существующих теоретических моделей; а также метод логического моделирования, направленный на формирование целостной структуры повышения эффективности на всех стадиях жизненного цикла.

Для начала затронем теоретические основы, а также сущность благоустройства общественных пространств в контексте жизненного цикла проекта. Сегодня благоустройство рассматривается как деятельность, объединяющая градостроительство, архитектуру, социологию, экологию и экономику. Так, В.В. Сидорова в своей работе пишет, что благоустройство общественных пространств включает и формирование функционально-планировочной структуры (парки, площади, набережные, пешеходные зоны), и создание условий для взаимодействия природных и урбанизированных компонентов городской среды [9, с. 5-6]. То есть объект благоустройства перестает быть статичным элементом городской инфраструктуры; он превращается в динамическую систему, способную адаптироваться к изменяющимся социальным и экологическим условиям.

Большое значение в научной литературе последних лет придается социальной функции общественных пространств. И.В. Краснов отмечает, что качественно благоустроенные территории способствуют укреплению социальных связей и повышению уровня безопасности. Это подтверждается результатами реализации государственных программ благоустройства [8]. В целом, сущность благоустройства заключается и в физическом преобразовании территории, и в создании социально значимого пространства, ориентированного на человека.

В последние годы в научных исследованиях активно развивается подход к рассмотрению благоустройства через призму жизненного цикла проекта. Д.В. Гнездилов в своей работе пишет, что общественные пространства следует рассматривать как элементы системы управления жизненным циклом объекта строительства, где их функциональность и качество напрямую влияют на экономическую и эксплуатационную эффективность [5, с. 3]. При этом жизненный цикл включает последовательные стадии от предпроектных исследований и планирования до эксплуатации, реконструкции и возможной трансформации пространства.

Особенностью современного подхода является признание взаимосвязанности всех этапов жизненного цикла. Если ранее проектирование, а также эксплуатация рассматривались как относительно автономные стадии, то в настоящее время исследователи отмечают необходимость их интеграции. Так, Э.П. Губеев отмечает, что традиционная линейная модель реализации проектов благоустройства трансформируется в более гибкую систему, предполагающую участие различных стейкхолдеров, постоянную адаптацию решений на протяжении всего жизненного цикла [6, с. 54].

Неотъемлемой частью теоретического осмысления благоустройства становится также концепция устойчивого развития. В исследовании J. Castellar и соавторов отмечается, что такие решения позволяют повысить экологическую устойчивость городов, улучшить качество среды, а также обеспечить социальные эффекты (повышение благополучия населения и

т.д.) [12]. Это напрямую связано с благоустройством общественных пространств, в которых зеленая инфраструктура, водоотведение, различные природные элементы становятся частью проектных решений. Сущность благоустройства раскрывается также через функциональную и сценарную насыщенность пространства. Д.В. Гнездилов отмечает, что эффективность общественного пространства определяется разнообразием сценариев использования (повседневная рекреация, проведение массовых мероприятий и т.д.) [5, с. 4-6]. Это требует учета на этапе проектирования будущих моделей поведения пользователей.

Получается, что теоретические основы благоустройства общественных пространств в контексте жизненного цикла проекта базируются на нескольких ключевых положениях: системности и междисциплинарности, социальной ориентированности, интеграции всех стадий жизненного цикла, а также ориентации на принципы устойчивого развития. В совокупности это формирует такую научную парадигму, в рамках которой благоустройство рассматривается как непрерывный управляемый процесс, направленный на повышение качества городской среды и эффективности ее функционирования в долгосрочной перспективе.

Рассмотрение благоустройства общественных пространств через призму жизненного цикла проекта позволяет выявить целый комплекс проблем, которые носят системный характер и проявляются на всех стадиях. Одной из основных особенностей является то, что большинство этих проблем взаимосвязаны и усиливают друг друга, формируют так называемый «эффект накопленных ограничений», когда ошибки ранних этапов неизбежно отражаются на последующих стадиях. Так, Д.В. Гнездилов в своей работе пишет, что при управлении жизненным циклом объектов строительства проблемы формирования современных общественных пространств, учитывающих меняющиеся потребности населения, становятся всё более актуальными, что говорит о недостаточной адаптивности проектных решений [5, с. 2-4]. Иными словами, уже на стадии концепции часто закладывается несоответствие будущего пространства реальным сценариям его использования.

Одной из наиболее существенных проблем на этапе планирования и проектирования является недостаточная проработка социального запроса и реальных потребностей пользователей. Как отмечает Т.Ю. Вавилова, современные подходы требуют учета социодемографических, психологических факторов, но на практике такие методы используются фрагментарно [2]. В результате создаются пространства, которые формально соответствуют нормативным требованиям, но не востребованы жителями (или используются неэффективно). И.Д. Дебелая отмечает, что качество городского пространства напрямую связано с его планировочной структурой и насыщенностью объектами обслуживания. При этом в ряде случаев стратегическое планирование не обеспечивает должного уровня этой сбалансированности [7, с. 66-67]. Это приводит к появлению «формальных» общественных пространств, лишенных функционального разнообразия и жизнеспособности.

Серьёзные ограничения эффективности проявляются и на этапе реализации проектов. Здесь на первый план выходят организационно-экономические и институциональные проблемы. В исследовании А.Д. Галкиной и Ю. М. Плюсниным отмечается, что в России до сих пор не сложилась единая система критериев оценки эффективности проектов благоустройства, и это затрудняет принятие управленческих решений и контроль результатов [4, с. 97]. Отсутствие унифицированных подходов приводит к тому, что проекты реализуются с разным уровнем качества, а их эффективность оценивается постфактум и зачастую субъективно. Также, значительную роль играют ограничения финансирования: Е.В. Фролова в своей работе пишет, что дефицит бюджетных средств (особенно в малых городах) не позволяет поддерживать высокий уровень благоустройства, а каждый пятый респондент отмечает нехватку качественных общественных пространств для досуга [11, с. 126].

На этапе эксплуатации выявляется ещё одна группа проблем, связанная с недостаточной адаптивностью созданных пространств. В.В. Сидорова отмечает, что значительная часть общественных территорий сталкивается с проблемами реконструкции и деградации вследствие отсутствия системного подхода к их развитию и обслуживанию [9, с. 7]. Часто проекты благоустройства ориентированы на краткосрочный визуальный эффект, а не на долгосрочную эксплуатацию, и это приводит к быстрому износу элементов среды, снижению привлекательности, а также росту затрат на содержание и пр. В.Н. Алексеев и В.А. Бухтияров в своей работе пишут, что формирование общественных пространств сопровождается множеством рисков, от экологических до социальных (в т.ч. проблемы доступности, безопасности, интеграции различных групп населения) [1]. Эти риски нередко недооцениваются на ранних этапах, проявляются именно в процессе эксплуатации.

Также существует несогласованность этапов жизненного цикла. На практике часто отсутствует преемственность между стадиями проектирования, реализации и эксплуатации. Это выражается, например, в том, что проектные решения не учитывают реальные условия последующего содержания территории, либо эксплуатационные службы не вовлечены в процесс проектирования. В результате возникают дополнительные издержки, связанные с необходимостью доработки (или даже полной реконструкции объектов). Подобная разобщенность приводит к снижению общей эффективности проектов, а также к увеличению их жизненного цикла по затратам.

Ограничением также выступает тенденция к коммерциализации общественных пространств. Е.В. Фролова отмечает, что в ряде случаев происходит «смещение» общественных функций в сторону коммерческих. Это приводит к утрате их социальной значимости и снижению доступности для различных групп населения [11, с. 126]. Это особенно заметно в крупных городах, где общественные пространства начинают выполнять функции торгово-развлекательных зон, утрачивая при этом роль открытых и инклюзивных территорий.

Также нельзя не отметить влияние современных вызовов, связанных с экологией. Как отмечают Тяглов С. Г. и соавторы, экологические проблемы (изменение климата, рост антропогенной нагрузки) усиливают требования к качеству благоустройства и усложняют проектные решения [10, с. 780]. Внедрение экологически ориентированных подходов (например, природно-ориентированных решений) сталкивается с методологическими и организационными трудностями (отсутствие единых стандартов, критериев оценки их эффективности).

В целом, анализ показывает, что проблемы и ограничения эффективности благоустройства общественных пространств носят комплексный характер; они проявляются на всех этапах жизненного цикла проекта. Они включают недостаточную проработку социального запроса, отсутствие единых критериев оценки эффективности, финансовые ограничения, риски эксплуатации, несогласованность стадий проекта и влияние современных экологических вызовов. Все это подтверждает необходимость перехода к системному управлению благоустройством, основанному на интеграции всех этапов жизненного цикла и учете широкого спектра факторов, влияющих на качество городской среды.

Теперь перейдем непосредственно к рассмотрению направлений и инструментов повышения эффективности благоустройства общественных пространств на всех этапах жизненного цикла проекта. Стоит сразу отметить, что повышение эффективности благоустройства общественных пространств невозможно обеспечить за счёт отдельных точечных решений, поскольку требуется системная трансформация подходов на всех этапах жизненного цикла проекта. Одним из основных направлений в этом контексте становится внедрение интегрированных моделей управления, которые объединяют стадии планирования, проектирования, реализации и эксплуатации в единую непрерывную систему. Так, J. Hack в своей работе пишет, что использование методов оценки жизненного цикла (Life Cycle Assessment, LCA) позволяет учитывать экологические, экономические и ресурсные параметры на протяжении всего существования объекта, а это существенно повышает обоснованность принимаемых решений [13].

Важным направлением повышения эффективности является усиление роли участия пользователей и стейкхолдеров на ранних этапах проекта. Вовлечение населения в процессы планирования и проектирования напрямую влияет на успешность и востребованность общественных пространств. Так, П. Вьетрова с соавторами в своей работе пишут, что участие жителей и локальных сообществ в формировании проектных решений обеспечивает более высокий уровень идентификации пользователей с пространством и повышает его устойчивость в эксплуатации [3, с. 15]. Более того, проекты, реализованные с применением партисипаторных методов, демонстрируют более высокие показатели использования и социальной активности (а это косвенно снижает затраты на их последующее содержание).

Не менее значимым направлением является внедрение принципов экологически ориентированного проектирования. В последние годы популярность получили концепции «зелёной инфраструктуры» и природно-ориентированных решений (Nature-Based Solutions). S. M. Luiza отмечает, что интеграция зелёной инфраструктуры в общественные пространства рассматривается как один из главных инструментов повышения их адаптивности к климатическим изменениям [14]. При этом анализ 126 стратегий в 46 городах показал, что внедрение озеленения и природных элементов возможно даже в условиях плотной застройки (хотя и требует комплексных управленческих решений). Такие меры способствуют и экологическим, и социальным эффектам, а именно: снижению уровня

стресса у пользователей, повышению привлекательности пространств, росту их посещаемости и т.д.

Отдельного внимания заслуживает цифровизация процессов благоустройства. Современные технологии (искусственный интеллект, большие данные, цифровые двойники городов и пр.) становятся инструментами повышения эффективности на всех этапах жизненного цикла. В работе Y. Wang и соавторов отмечается, что использование аналитики данных и моделирования позволяет оптимизировать параметры общественных пространств с учетом поведенческих и психологических характеристик пользователей [17]. Аналогично, Yuan, W. С соавторами отмечают, что применение технологий распознавания изображений и пространственного анализа позволяет выявлять проблемные зоны и обосновывать решения по их реновации [18].

Ещё одним важным направлением является развитие многофункциональности и сценарного подхода к использованию общественных пространств. Как отмечают K. Ntakana и соавторы, современные общественные пространства должны быть гибкими и адаптируемыми, должны обеспечивать возможность различных сценариев использования [15]. Это требует от проектировщиков учета и текущих потребностей, и потенциальных изменений в будущем. В этом контексте возрастает значение модульных и трансформируемых решений, позволяющих адаптировать пространство без значительных капитальных затрат.

Также, инструментом повышения эффективности выступает внедрение концепции устойчивой городской резильентности (urban resilience). В исследовании M. Ronael и соавторов отмечается, что общественные пространства должны рассматриваться как элементы городской инфраструктуры, способные адаптироваться к внешним вызовам [16]. При этом выделяется не менее 12 измерений устойчивости (в т.ч. экологическая, социальная и инфраструктурная составляющие). Также авторы отмечают, что на практике часто доминируют социальные аспекты, в то время как инженерные и системные решения остаются недостаточно проработанными.

Таким образом, реализация направлений повышения эффективности благоустройства общественных пространств требует применения широкого спектра инструментов – и методик LCA, и партисипаторного проектирования, и цифровых технологий. В совокупности это позволяет сформировать новую модель управления благоустройством, ориентированную на долгосрочное функционирование среды.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что повышение эффективности благоустройства общественных пространств требует принципиального пересмотра сложившихся подходов к их планированию и реализации. Наиболее существенной проблемой является разобщенность этапов жизненного цикла проекта, при которой решения, принимаемые на ранних стадиях, не учитывают условия последующей эксплуатации, а эксплуатационные аспекты, в свою очередь, не интегрированы в процесс проектирования. Это приводит к снижению качества городской среды, росту затрат, сокращению срока эффективного функционирования объектов благоустройства и прочим проблемам.

В ходе работы установлено, что благоустройство общественных пространств должно рассматриваться как непрерывный управляемый процесс, основанный на принципах системности, междисциплинарности. Важнейшее значение приобретает учет социальных факторов, таких как реальные потребности пользователей, а также формирование многофункциональных и адаптивных пространств, способных трансформироваться в соответствии с изменяющимися условиями городской среды.

Большую роль в повышении эффективности играют современные инструменты и направления развития, среди которых можно выделить внедрение методов оценки жизненного цикла, использование цифровых технологий и аналитики данных, развитие партисипаторного проектирования, а также интеграцию природно-ориентированных решений. Их применение позволяет повысить качество проектных решений, и обеспечить долгосрочную устойчивость и экономическую обоснованность проектов благоустройства.

Достижение высокой эффективности благоустройства общественных пространств возможно только при условии такого системного подхода, который будет предполагать интеграцию всех этапов жизненного цикла проекта, активное взаимодействие всех заинтересованных сторон, использование современных управленческих и технологических инструментов. Реализация данных подходов позволит сформировать качественно новую модель развития городской среды, ориентированную на повышение качества жизни населения и устойчивое развитие территорий.

Литература

1. Алексеев В.Н., Бухтияров В.А. Риски формирования общественных пространств как элементов инфраструктуры и комфорта жизни мегаполиса // Экономические проблемы и юридическая практика. – 2023. – Том 19. – № 3. – С. 258-266.
2. Вавилова Т.Ю. Современные тенденции архитектурного проектирования в эпоху устойчивого развития. Часть 2. Влияние социальных факторов // Городское строительство и архитектура. – 2024. – 126-135. doi: 10.17673/Вестник.2024.01.14
3. Вьетрова П., Васильев П., Максимович Л. Метод совместного проектирования для благоустройства городских общественных пространств – практический пример // Acta Scientiarum Polonorum. Architectura. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 15–23. – DOI: 10.22630/ASPA.2022.21.3.18. – URL: https://www.researchgate.net/publication/371769133_Participatory_design_method_for_improvement_of_urban_public_spaces_-_case_study (дата обращения: 15.04.2026).
4. Галкина А. Д., Плюснин Ю. М. Благоустройство городской среды и методы его оценки // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2025. – № 3. – С. 95–120. – DOI: 10.17323/1999-5431-2025-0-3-95-120. – URL: https://www.researchgate.net/publication/396100900_URBAN_ENVIRONMENT_IMPROVEMENT_ASSESSMENT_METHODS (дата обращения: 15.04.2026).
5. Гнездилов Д. В. Оценка функциональной организации общественных пространств в управлении жизненным циклом объекта строительства / Д. В. Гнездилов, А. А. Олейников, А. Е. Наумов [и др.] // Вестник Евразийской науки. – 2025. – Т 17. – № 6. – URL: https://esj.today/PDF/68SAVN625.pdf (дата обращения: 15.04.2026).
6. Губеев Э. П. Управление благоустроенным пространством // Universum: технические науки. 2023. №8-1 (113). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-blagoustroennym-prostranstvom (дата обращения: 16.04.2026).
7. Дебелая И. Д. Проблемы создания общественных пространств в городах / И. Д. Дебелая, Г. Ю. Морозова // Региональные проблемы. – 2024. – Т. 27, № 3. – С. 65-70. – DOI 10.31433/2618-9593-2024-27-3-65-70. – EDN UAZORH.
8. Краснов И.В. Анализ благоустройства дворовых территорий России / И.В. Краснов // Современное строительство и архитектура. – 2023. – №12 (43). – URL: https://modern-construction.ru/archive/12-43-2023-december/10.18454/mca.2023.43.1 (дата обращения: 15.04.2026). – DOI: 10.18454/mca.2023.43.1. – EDN: HIARFU
9. Сидорова В. В., Пчельников В. Н., Знайкина В. Г., Стрелкова А. В. Комфортная городская среда в контексте развития рекреационной системы регионов // Строительство и техногенная безопасность. 2024. №35 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/komfortnaya-gorodskaya-sreda-v-kontekste-razvitiya-rekreatsionnoy-sistemy-regionov (дата обращения: 16.04.2026).
10. Тяглов С. Г., Родионова Н. Д., Федорова Я. В., Сергиенко В. Ю. Алгоритм развития общественных пространств крупных городов в условиях их урбанизации // Регионология. – 2020. – Т. 28, № 4 (113). – С. 778–800. – DOI: 10.15507/2413-1407.113.028.202004.778-800. – URL: https://sciup.org/algoritm-razvitija-obshhestvennyh-prostranstv-krupnyh-gorodov-v-uslovijah-ih-147222865 (дата обращения: 16.04.2026).
11. Фролова Е. В. Развитие общественных пространств как объектов туристского притяжения / Е. В. Фролова, А. А. Калинкин // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 124-132. – DOI 10.26794/2226-7867-2025-15-1-124-132. – EDN VFKSNF.
12. Castellar J. , Popartan L. .A., Pueyo-Ros J. , Atanasova N. , Langergraber G. , Saumel I. , Corominas L., Comas J. , Acuna V. Nature-based solutions in the urban context: terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services / J. Castellar. – Текст : электронный // arxiv.org: [сайт]. – URL: https://arxiv.org/abs/2105.07814 (дата обращения: 16.04.2026).
13. Hack J., Prytula, M., Rieniets, T. et al. Life Cycle Assessment for Urban Planning: A Modular Approach to Integrating Buildings and Infrastructure. Circ.Econ.Sust. 5, 5195–5219 (2025). https://doi.org/10.1007/s43615-025-00671-8
14. Luiza S. M. Green infrastructure as a planning tool: A comprehensive systematization of urban redesign strategies to increase vegetation within public places / S. M. Luiza, Helena Silva Duarte Denise. – Текст : непосредственный // Cities. – 2025. – № 156. – С. 105551.
15. Ntakana K, Mbanga S and Mosiea T (2025) Urban public space development: themes and trends in the urban planning rhetoric. Front. Built Environ. 11:1456638. doi: 10.3389/fbuil.2025.1456638
16. Ronael M., Gülden Demet Oruç Ertekin. Public spaces for future cities: Mapping urban resilience dimensions in place-based solutions / Ronael

Mehmet, Demet Oruç Ertekin Gülden. – Текст: непосредственный // Sustainable Cities and Society. – 2025. – № 133. – С. 106870.

17. Wang Y.; Peng, W.; Huang, Y.; Yang, T.; Du, X.; Wang, X.; Zhang, Z.; Zhu, L. Research on the Design Strategies of Public Outdoor Spaces in Government Centers from a Health Perspective. *Buildings* 2024, *14*, 1505. https://doi.org/10.3390/buildings14061505

18. Yuan W., Mu, X., Jiao, J. et al. How to Enhancing Urban Space Renewal Through Visual Landscape Perception? An Approach From Street View Image Recognition. Soc Indic Res 175, 659–686 (2024). https://doi.org/10.1007/s11205-024-03394-9

Improving the efficiency of public space improvement at the stages of the project life cycle

Karakhova S.A., Gaidashenko I.I., Brusentsev A.A., Idiyatova A.A., Borovkova A.E.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses the theoretical and methodological aspects of improving the efficiency of public space improvement from the perspective of the project life cycle. The necessity of moving from a fragmented approach to an integrated management system that will cover the stages of planning, design, implementation and operation is substantiated. The essence of landscaping as an activity aimed at the formation of a stable, functionally saturated and socially oriented urban environment is revealed. The analysis of the main problems that reduce the effectiveness of landscaping projects is carried out: insufficient elaboration of user needs, lack of uniform evaluation criteria, limited resources, inconsistency of life cycle stages. Attention is also paid to modern areas of efficiency improvement, such as the introduction of life cycle assessment methods, participatory design, the use of digital technologies, and the development of nature-based solutions. It is concluded that it is necessary to form an integrated management model for the improvement of public spaces, which will ensure their functioning and adaptation to the changing conditions of the urban environment.

Keywords: public space improvement, project lifecycle, urban environment, participatory design, digitalization, green infrastructure.

References

1. Alekseev V.N., Bukhtiyarov V.A. Risks of Forming Public Spaces as Elements of Infrastructure and Comfort of Life in a Megacity // Economic Problems and Legal Practice. – 2023. – Vol. 19. – No. 3. – Pp. 258-266.
2. Vavilova T.Yu. Modern Trends in Architectural Design in the Era of Sustainable Development. Part 2. Influence of Social Factors // Urban Construction and Architecture. – 2024. – 126-135. doi: 10.17673/Vestnik.2024.01.14
3. Vietrova P., Vasiliev P., Maksimovich L. The Method of Participatory Design for the Improvement of Urban Public Spaces – a Practical Example // Acta Scientiarum Polonorum. Architectura. – 2023. – Vol. 21, No. 3. – P. 15–23. – DOI: 10.22630/ASPA.2022.21.3.18. – URL: https://www.researchgate.net/publication/371769133_Participatory_design_method_for_improvement_of_urban_public_spaces_-_case_study (accessed: 15.04.2026).
4. Galkina A. D., Plyusnin Yu. M. Improvement of the urban environment and methods of its assessment // Issues of public and municipal management. – 2025. – No. 3. – P. 95–120. – DOI: 10.17323/1999-5431-2025-0-3-95-120. – URL: https://www.researchgate.net/publication/396100900_URBAN_ENVIRONMENT_IMPROVEMENT_ASSESSMENT_METHODS (date of access: 15.04.2026).
5. Gnezdilov D. V. Assessment of the functional organization of public spaces in the life cycle management of a construction project / D. V. Gnezdilov, A. A. Oleynikov, A. E. Naumov [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2025. – Vol. 17. – No. 6. – URL: https://esj.today/PDF/68SAVN625.pdf (date of access: 15.04.2026).
6. Gubeev E. P. Management of landscaped space // Universum: technical sciences. 2023. No. 8-1 (113). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-blagoustroennym-prostranstvom (date accessed: 16.04.2026).
7. Debelaya I. D. Problems of creating public spaces in cities / I. D. Debelaya, G. Yu. Morozova // Regional problems. – 2024. – Vol. 27, No. 3. – Pp. 65-70. – DOI 10.31433/2618-9593-2024-27-3-65-70. – EDN UAZORH.
8. Krasnov I. V. Analysis of improvement of courtyard territories in Russia / I. V. Krasnov // Modern construction and architecture. – 2023. – No. 12 (43). – URL: https://modern-construction.ru/archive/12-43-2023-december/10.18454/mca.2023.43.1 (accessed: 15.04.2026). – DOI: 10.18454/mca.2023.43.1. – EDN: HIARFU
9. Sidorova V. V., Pchelnikov V. N., Znaykina V. G., Strelkova A. V. Comfortable urban environment in the context of development of regional recreational systems // Construction and technological safety. 2024. No. 35 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/komfortnaya-gorodskaya-sreda-v-kontekste-razvitiya-rekreatsionnoy-sistemy-regionov (accessed: 16.04.2026).
10. Tyaglov S. G., Rodionova N. D., Fedorova Ya. V., Sergienko V. Yu. Algorithm for the Development of Public Spaces of Large Cities in the Context of Their Urbanization // Regionology. – 2020. – Vol. 28, No. 4 (113). – P. 778–800. – DOI: 10.15507/2413-1407.113.028.202004.778-800. – URL: https://sciup.org/algoritm-razvitija-obshhestvennyh-prostranstv-krupnyh-gorodov-v-uslovijah-ih-147222865 (date of access: 16.04.2026).
11. Frolova E. V. Development of public spaces as objects of tourist attraction / E. V. Frolova, A. A. Kalinkin // Humanities. Bulletin of the Financial University. – 2025. – Vol. 15, No. 1. – Pp. 124-132. – DOI 10.26794/2226-7867-2025-15-1-124-132. – EDN VFKSNF.
12. Castellar J., Popartan L. .A., Pueyo-Ros J., Atanasova N., Langergraber G., Saumel I., Corominas L., Comas J., Acuna V. Nature-based solutions in the urban context: terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services / J. Castellar. – Text: electronic // arxiv.org: [site]. – URL: https://arxiv.org/abs/2105.07814 (access date: 04/16/2026).
13. Hack J., Prytula, M., Rieniets, T. et al. Life Cycle Assessment for Urban Planning: A Modular Approach to Integrating Buildings and Infrastructure. Circ.Econ.Sust. 5, 5195–5219 (2025). https://doi.org/10.1007/s43615-025-00671-8
14. Luiza S. M. Green infrastructure as a planning tool: A comprehensive systematization of urban redesign strategies to increase vegetation within public places / S. M. Luiza, Helena Silva Duarte Denise. – Text: direct // Cities. – 2025. – No. 156. – P. 105551.
15. Ntakana K, Mbanga S and Mosiea T (2025) Urban public space development: themes and trends in the urban planning rhetoric. Front. Built Environment. 11:1456638. doi: 10.3389/fbuil.2025.1456638
16. Ronael M., Gülden Demet Oruç Ertekin. Public spaces for future cities: Mapping urban resilience dimensions in place-based solutions / Ronael Mehmet, Demet Oruç Ertekin Gülden. – Text: direct // Sustainable Cities and Society. – 2025. – No. 133. – P. 106870.
17. Wang Y.; Peng, W.; Huang, Y.; Yang, T.; Du, X.; Wang, X.; Zhang, Z.; Zhu, L. Research on the Design Strategies of Public Outdoor Spaces in Government Centers from a Health Perspective. Buildings 2024, 14, 1505. https://doi.org/10.3390/buildings14061505

Технологический паспорт рециклинга как инструмент организационно-технологического управления строительными отходами при сносе зданий

Тускаева Залина Руслановна
доктор технических наук, доцент, Заведующая кафедрой, специальность «Промышленное и гражданское строительство», Северо-Кавказский горно-металлургический институт, tuskaevazalina@yandex.ru,

Киргуева Дзерасса Петровна
аспирант, направление «Технология и организация строительства», Северо-Кавказский горно-металлургический институт, dzera.kirguty@icloud.com

Низкий процент переработки строительных отходов при сносе зданий обусловлен отсутствием системной предпроектной оценки материальных потоков. В статье предложен организационно-технологический инструмент – технологический паспорт рециклинга объекта, встроенный в пятиблочный алгоритм управления отходами. Паспорт объединяет результаты диагностики, преддемонтажную карту ресурсов, проект производства работ, логистическую схему и финансово-экономическое обоснование. Детально расшифрована система классификационных кодов объекта: по типу конструкций (К1 – крупнопанельные, К2 – кирпичные, К3 – монолитные/каркасные, К4 – деревянные), причине сноса (П1 – плановый, П2 – аварийный, П3 – послепожарный, П4 – историко-культурная ценность) и условиям площадки (С1 – свободная, С2 – стесненная застройка). Показано, что применение паспорта позволяет повысить долю переработки отходов до 90%, снизить затраты на захоронение и получить экономический эффект от реализации вторичных материалов. Паспорт обеспечивает переход от несистемного сноса к управляемому ресурсосберегающему процессу.

Ключевые слова: строительные отходы, снос зданий, рециклинг, технологический паспорт, преддемонтажная карта ресурсов, управление отходами.

В условиях реновации жилого фонда и реконструкции промышленных территорий объем строительных отходов в Российской Федерации ежегодно составляет десятки миллионов тонн, однако уровень их переработки не превышает 10-15% [1]. Основная масса отходов (бетонный и железобетонный лом, кирпичный бой, древесина, металлолом) вывозится на полигоны, что приводит к потере вторичных ресурсов, увеличению транспортных расходов и негативному воздействию на окружающую среду. Как отмечается в исследованиях [2, 3], ключевой проблемой является отсутствие на этапе принятия решения о сносе системного подхода для оценки отходов как источника вторичного сырья. Разработка и обоснование технологического паспорта рециклинга, интегрированного в алгоритм эффективного управления строительными отходами при сносе зданий позволит комплексно подойти к решению проблемы и систематизировать процессы, связанные с ними.

Исследование базируется на анализе нормативно-технической документации (СТО НОСТРОЙ, СП 48.13330), методов технического обследования зданий, подлежащих сносу, и принципов поэлементной разборки (деконструкции) [4, 5]. Предлагаемый подход реализован в виде интегрированного алгоритма, включающего пять последовательных блоков: диагностика и классификация (блок А), разработка преддемонтажной карты ресурсов (блок Б), проектирование демонтажа (блок В), организация площадки и логистика (блок Г), переработка и реализация вторичных материалов (блок Д). Завершающим элементом алгоритма выступает технологический паспорт рециклинга.

Результаты. Технологический паспорт рециклинга представляет собой документ, объединяющий пять разделов, соответствующих блокам алгоритма.

Раздел 1: диагностика и классификация. На этом этапе объекту присваивается комплексный классификационный код, который служит объективным основанием для всех последующих решений. Код формируется из трех групп признаков.

По типу конструкций выделяются четыре класса:

-К1 (крупнопанельные) – здания из крупноформатных железобетонных панелей. Потенциал – крупногабаритный железобетонный лом.

-К2 (кирпичные) – здания с кирпичными несущими стенами на известковом или цементном растворе. Потенциал – кирпич б/у или кирпичный бой.

-К3 (монолитные/каркасные) – железобетонный или металлический каркас с заполнением. Сложный смешанный состав отходов.

-К4 (деревянные) – рубленые или каркасные деревянные здания. Потенциал – деловая древесина.

По причине сноса и состоянию здания выделяются четыре показателя:

-П1 (плановый снос) – ветхое жилье, реконструкция. Позволяет плановую деконструкцию.

-П2 (аварийное состояние) – обрушение, деформации. Требует срочного механизированного обрушения.

-П3 (послепожарное состояние) – наличие сажи, токсинов, ослабленных конструкций. Требует химико-аналитического контроля.

-П4 (историко-культурная ценность) – наличие ценных элементов. Требует участия реставраторов и ручной разборки.

По условиям площадки выделяются два класса:

-С1 (свободная площадка) – позволяет применять любые методы сноса, включая взрывной и с использованием тяжелой техники.

-С2 (стесненные условия) – плотная городская застройка. Требует малошумных методов (гидрораскалывание, алмазная резка), ограничения по времени работ и обязательных мер безопасности.

Приведем пример кода: К2-П1-С2 - кирпичное здание планового сноса в стесненных условиях городской застройки. Этот код определяет выбор стратегии демонтажа (деконструкция с ручной разборкой), состав преддемонтажной карты ресурсов и логистические решения.

Раздел 2: преддемонтажная карта ресурсов (ПДКР). На основе данных обследования формируется детализированная ведомость морфологического состава отходов с оценкой объемов и массы (точность 80-85%). Для каждого вида отхода (бетон, железобетон, кирпич, металл черный и цветной, древесина, стекло, битумные материалы, пластики, отходы отделки, опасные отходы) указывается целевое направление: дроб-

ление во вторичный щебень, переработка в технологическую щепу, прессовка металлолома, повторное использование целого кирпича или захоронение на специализированном полигоне (для асбестосодержащих материалов и токсичных веществ) [6, 7].

Раздел 3: проект производства работ (ППР). Обосновывается выбор между двумя стратегиями:

Поэлементная разборка (деконструкция) – применяется для зданий с ценными материалами (К2-П1, К4) или в стесненных условиях (С2). Работы ведутся сверху вниз с использованием кранов, ручного инструмента и специальной оснастки (стропы, траверсы, подкосы).

Механизированное обрушение – применяется для аварийных зданий (П2, П3) и объектов без ценных элементов (К3). Выполняется с помощью тяжелой техники (гидромолот, гидроножницы) и требует последующей сортировки [8, 9].

Раздел 4: организация площадки и логистика. Определяются зоны складирования для каждого вида отходов, размещение мобильного дробильно-сортировочного комплекса (при необходимости), график вывоза материалов на перерабатывающие предприятия и полигоны. Для стесненных условий (С2) предусматриваются защитные экраны, увлажнение для подавления пыли, ограничение шумных работ по времени [10].

Раздел 5: финансово-экономическое обоснование. Содержит сравнительную смету затрат на снос с захоронением и с рециклингом, прогнозируемый доход от реализации вторичных материалов (вторичный щебень, металлолом, древесина, б/у кирпич). Также включает количественную оценку экологического эффекта (сокращение объема захоронения, предотвращение загрязнения почв и грунтовых вод, снижение выбросов парниковых газов) [11, 12].

Обсуждение

Разработанный технологический паспорт рециклинга апробирован для трех характерных типов зданий. Для кирпичного исторического здания (класс К2-П1-С2) ключевыми являются проведение историко-культурной экспертизы, ручная поэлементная разборка, устройство навесов для просушки кирпича и предварительные договоры с реставрационными мастерскими. Для панельного ветхого здания (класс К1-П1-С1) основной акцент – на крупногабаритный железобетонный лом (85-90% массы), применение крановой разборки и организацию мобильного дробильно-сортировочного комплекса непосредственно на площадке с получением вторичного щебня и отделением металла магнитным сепаратором. Для аварийного здания после пожара (класс К3-П3-С1) приоритетом является химико-аналитический контроль на токсичные вещества (сажа), разделение отходов на «условно чистые» и «загрязненные», а также обязательное обезвреживание опасных фракций [13, 14].

Аналогичные подходы к документированию потоков строительных отходов реализуются в зарубежной практике в рамках систем управления отходами сноса [15, 16]. Паспорт адаптирован к российской нормативной базе и учитывает региональную специфику рынка вторичных материалов. Предложенный технологический паспорт рециклинга представлен на Рис. 1.

	УТВЕРЖДАЮ		
	Руководитель юридического лица (индивидуальный предприниматель)		
	(подпись)		(расшифровка)
	"__ "_____ 20__ г.		
	М.П.		
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ РЕЦИКЛИНГА			
Общие сведения			
Наименование и адрес объекта:			
Классификационный код объекта:			
Заказчик:			
Подрядная организация:			
Сроки выполнения работ:			
Серия и год постройки			
РАЗДЕЛ 1: РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИИ			
1.1.Техническое обследование:	Конструктивная система		
	Этажность		
	Материал несущих стен		
	Материал перекрытий		
	Физический износ в %		
	Аварийность		
	Опасные вещества		
	Историко-культурная ценность		
	Условия площадки		
1.2. Анализ рынка вторичных материалов	Потребитель	Расстояние	Вид сырья
РАЗДЕЛ 2: ПРЕДДЕМОНТАЖНАЯ КАРТА РЕСУРСОВ – ПДКР			
2.1.Ведомость морфологического состава и объемов отходов	Вид отхода	Характеристика	Ориентировочный объем ($м^3$) и масса (т).	Потенциальное применение
РАЗДЕЛ 3: ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ			
3.1. Принятая стратегия демонтажа	Метод:	Основные механизмы:	Технологическая оснастка
3.2. Технологическая последовательность работ	Этап Х.		
4.3. Мероприятия по обеспечению безопасности	**Вид работ**	**Опасные факторы**	**Меры безопасности**
РАЗДЕЛ 4: ПЛАН ОРГАНИЗАЦИИ ПЛОЩАДКИ И ЛОГИСТИКИ			
4.1. Схема размещения зон складирования и переработки	Зоны		
4.2. Логистический график вывоза материалов	Вид материала	Периодичность вывоза	Пункт назначения
РАЗДЕЛ 5: ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ			
5.1. Сравнительная смета затрат	Статья затрат	Снос с захоронением (тыс. руб.)	Снос с рециклингом (тыс. руб.)
	Итого затрат		
5.2. Прогнозируемый доход от реализации вторичных материалов	Вид материала	Объем, тонн	Цена, руб/т	Доход, тыс. руб.
5.3. Экологический эффект:				

Паспорт разработал:
Главный инженер проекта: _____ / _____. /

Паспорт утвердил:
Технический заказчик _____ / _____/
Дата утверждения: «___»_____ 20_____ г.

Рисунок 1. Типовая форма технологического паспорта рециклинга

Заключение

Разработанный технологический паспорт рециклинга является практическим инструментом, обеспечивающим переход от несистемного сноса к управляемому ресурсосберегающему процессу. Его применение позволяет:

-повысить долю перерабатываемых отходов до 90% и более;

-снизить затраты на захоронение и транспортную логистику;

-получить дополнительный доход от реализации вторичных материалов;

-минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Литература

1. Олейник, П.П., Источники образования строительных отходов и концепция их переработки / П. П. Олейник, С. П. Олейник// Промышленное и гражданское строительство. – №2. – 2005. – С. 36-38
2. Тускаева З.Р., Киргуева Д.П.. Анализ о необходимости управления строительными отходами// Components scientific and technological progress" 2021. № 2(116) 2026.
3. Олейник, П. П. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования / В. Н. Колосков, П. П. Олейник, А. Ф. Тихонов. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2004. - С. 199
4. СТО НОСТРОЙ 2.33.53-2011. Разборка (демонтаж) зданий и сооружений. М., 2011. 45 с.
5. СП 48.13330.2019. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. М., 2019. 32 с.
6. Coelho A., de Brito J. Generation of construction and demolition waste in Portugal // Waste Management & Research. 2011. Vol. 29. No. 7. P. 739-750.
7. Вайсман Я.И., Рудакова Л.В., Корухова М.В. Рециклинг строительных отходов: эколого-экономическая эффективность // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 5. С. 32-37.

8. Правила безопасности при сносе (демонтаже) зданий и сооружений (утв. Ростехнадзором). М., 2015. 67 с.

9. Llatas C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list // Waste Management. 2011. Vol.31.No. 6. P. 1261-1276.

10. Булгаков С.Н., Шеина С.Г., Кузьмина Т.В. Технологические процессы рециклинга железобетонных отходов при сносе зданий // Вестник МГСУ. 2020. № 8. С. 1024-1035.

11. Tam V.W.Y., Tam C.M. A review on the viable technology for construction waste recycling // Resources, Conservation and Recycling. 2006. Vol. 47. No. 3. P. 209-221.

12. Ковалев А.С., Макарова Е.А. Оценка эффективности переработки железобетонного лома в вторичный щебень // Инженерный вестник Дона. 2022. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7653 (дата обращения: 15.04.2026).

13. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. 3-е изд., перераб. и доп. М.: КолосС, 2021. 248 с.

14. Kofoworola O.F., Gheewala S.H. Estimation of construction waste generation and management in Thailand // Waste Management. 2009. Vol. 29. No. 2. P. 731-738.

15. European Commission. Construction and Demolition Waste Management Protocol. Brussels: EU Publications, 2018. 54 p.

16. Ding Z., Zhu M., Tam V.W.Y. A system dynamics-based environmental benefit assessment of construction waste recycling // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 385. P. 135678.

Recycling Technology Passport as a Tool for Organizational and Technological Management of Construction Waste during Building Demolition

Tuskaeva Z.R., Kirgueva D.P.
North Caucasus Institute of Mining and Metallurgy

JEL classification: L61, L74, R53

The low recycling rate of construction waste from building demolition is caused by the absence of a systematic pre-design assessment of material flows. This paper proposes an organizational and technological tool — a building recycling technology passport — embedded within a five-block waste management algorithm. The passport integrates the results of diagnostics, a pre-demolition resource map, a work execution plan, a logistics scheme, and a feasibility study. The system of classification codes for the building is detailed: by structural type (K1 — large-panel, K2 — brick, K3 — monolithic/frame, K4 — wooden), by demolition reason (P1 — planned, P2 — emergency, P3 — post-fire, P4 — historical/cultural value), and by site conditions (C1 — unconstrained, C2 — constrained urban site). It is shown that the use of the passport can increase the waste recycling rate to 90%, reduce landfill disposal costs, and generate economic benefits from the sale of secondary materials. The passport enables a transition from unsystematic demolition to a controlled, resource-saving process.

Keywords: construction waste, building demolition, recycling, technology passport, pre-demolition resource map, waste management.

References

1. Oleynik, P.P., Sources of construction waste formation and the concept of their processing / P. P. Oleynik, S. P. Oleynik // Industrial and civil engineering. - No. 2. – 2005. – P. 36-38

2. Tuskaeva Z.R., Kirgueva D.P. Analysis of the Need for Construction Waste Management// Components of Scientific and Technological Progress" 2021. No. 2 (116) 2026.

3. Oleinik, P.P. Dismantling of Residential Buildings and Recycling of Their Structures and Materials for Reuse / V.N. Koloskov, P.P. Oleinik, A.F. Tikhonov. – Moscow: Association of Construction Universities, 2004. – P. 199

4. STO NOSTROY 2.33.53-2011. Dismantling (Dismantling) of Buildings and Structures. Moscow, 2011. 45 p.

5. SP 48.13330.2019. Construction Organization. Updated version of SNiP 12-01-2004. Moscow, 2019. 32 p.

6. Coelho A., de Brito J. Generation of construction and demolition waste in Portugal // Waste Management & Research. 2011. Vol. 29. No. 7. P. 739-750.

7. Vaysman Ya.I., Rudakova L.V., Korukhova M.V. Recycling of construction waste: environmental and economic efficiency // Ecology and Industry of Russia. 2018. Vol. 22. No. 5. P. 32-37.

8. Safety rules for the demolition (dismantling) of buildings and structures (approved by Rostekhnadzor). Moscow, 2015. 67 p.

9. Llatas C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list // Waste Management. 2011. Vol. 31. No. 6. P. 1261-1276.

10. Bulgakov S.N., Sheina S.G., Kuzmina T.V. Technological processes for recycling reinforced concrete waste during building demolition // Bulletin of MGSU. 2020. No. 8. P. 1024-1035.

11. Tam V.W.Y., Tam C.M. A review on the viable technology for construction waste recycling // Resources, Conservation and Recycling. 2006. Vol. 47. No. 3. P. 209-221.

12. Kovalev A.S., Makarova E.A. Evaluation of the efficiency of processing reinforced concrete scrap into secondary crushed stone // Engineering Bulletin of the Don. 2022. No. 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7653 (accessed on 15 April 2026).

13. Smetanin V.I. Environmental protection from production and consumption waste. 3rd ed., revised and enlarged. Moscow: KolosS, 2021. 248 p.

14. Kofoworola O.F., Gheewala S.H. Estimation of construction waste generation and management in Thailand // Waste Management. 2009. Vol. 29. No. 2. P. 731-738.

15. European Commission. Construction and Demolition Waste Management Protocol. Brussels: EU Publications, 2018. 54 p.

16. Ding Z., Zhu M., Tam V.W.Y. A system dynamics-based environmental benefit assessment of construction waste recycling // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 385. P. 135678.

Технологии усиления несущих конструкций при реконструкции зданий

Константинов Данил Сергеевич
бакалавр, НИУ МГСУ, konstantinovdanilofficial13@gmail.com,

Малышев Никита Сергеевич
бакалавр, НИУ МГСУ, nmalysev611@gmail.com,

Верченко Сергей Вадимович
бакалавр, НИУ МГСУ, Sergeyv1001@yandex.ru,

Хмеленко Анна Павловна
бакалавр, НИУ МГСУ, annakkhme@gmail.com,

Силачёва Диана Дмитриевна
бакалавр, НИУ МГСУ, d.slchv777@gmail.com

В статье представлены современные технологии усиления несущих конструкций зданий при реконструкции с учётом результатов научных исследований и практического применения. Проблема рассматривается в связи с физическим износом строительного фонда и необходимостью продления срока его эксплуатации без полного демонтажа. Проанализированы основные причины снижения несущей способности конструкций, в том числе воздействие нагрузок, агрессивной среды и деформации оснований. Рассмотрены традиционные и инновационные методы усиления, такие как увеличение сечения конструктивных элементов, применение металлических обойм, внешнее армирование композитными материалами и инъекционные технологии. Особое внимание уделено сравнительной эффективности методов, их влиянию на прочностные характеристики и эксплуатационные показатели конструкций. Приведены количественные данные, отражающие прирост несущей способности и изменение массы конструкций. Сделан вывод о целесообразности применения комбинированных методов усиления, обеспечивающих максимальную эффективность при минимальных затратах и сроках выполнения работ.

Ключевые слова: усиление конструкций, реконструкция зданий, несущая способность, композитные материалы, инъекционные технологии, железобетон, строительные конструкции, техническое обследование.

В настоящее время большинство зданий эксплуатируются значительно дольше срока, предусмотренного при их проектировании и строительстве. Поэтому требуется применение научно обоснованных методов их усиления. По данным исследований в области реконструкции, порядка 55, 70 % существующих промышленных и общественных зданий нуждаются в усилении или полной либо частичной замене несущих конструкций вследствие физического износа, изменения предъявляемых нагрузок и/или воздействия агрессивной среды. При этом реконструкция рассматривается как совокупность мероприятий, в рамках которых восстановлена или повышена несущая способность конструкций без полного демонтажа здания.

Анализ современных научных публикаций свидетельствует о том, что выбор конкретной технологии усиления зависит от результатов проведённого технического обследования, в рамках которого устанавливаются фактические параметры прочности, деформаций и трещиноватости. Современные методы диагностики позволяют фиксировать изменения напряжённо-деформированного состояния конструкций с погрешностью не более 5, 10 %, что обеспечивает корректный выбор методов усиления и исключает аварийные ситуации.

Широко исследована одна из наиболее традиционных технологий, увеличение площади поперечного сечения элементов с помощью устройства железобетонных «рубашек» или металлических обойм. Известно множество экспериментальных исследований, которые подтверждают, что при увеличении площади поперечного сечения железобетонной колонны на 25, 30 % её несущая способность увеличивается в среднем на 40, 60 % в зависимости от класса бетона и схем армирования. Однако существенным недостатком данного метода является увеличение собственного веса усиливаемой конструкции на 10, 20 %, что требует подтверждения несущей способности фундаментов.

Большой интерес представляют технологии внешнего армирования композитными материалами, в частности углеродными лентами и тканями. Современные исследования показывают, что применение углеродных композитных систем позволяет увеличить несущую способность изгибаемых элементов железобетонных конструкций на 30, 80 % при практически неизменной массе конструкции. В ряде экспериментов выявлено, что показатель эффективности композитного армирования, определяемый как отношение прироста прочности к массе материала, в 10 и более раз превышает аналогичный показатель для стальной арматуры. Существенным преимуществом данного метода является возможность выполнения работ без вывода здания из эксплуатации, что значительно снижает экономические потери.

Инъекционные методы занимают особое место в перечне технологий усиления, так как направлены на восстановление структуры материала. В ряде лабораторных исследований показано, что заполнение трещин эпоксидными и цементными составами под давлением позволяет восстановить до 85, 90 % первоначальной прочности бетона и кирпичной кладки. При этом модуль упругости материала после ремонта увеличивается на 10, 15 %, что свидетельствует об эффективности метода не только для ремонта, но и для усиления конструкций.

Особое значение имеет усиление оснований и фундаментов, так как около 30 % деформаций зданий обусловлены неравномерной осадкой грунтов. В ряде работ показано, что применение инъекционного закрепления грунтов позволяет увеличить их несущую способность на 25, 50 %, а также уменьшить осадку в 2, 3 раза в короткий промежуток времени. Это особенно важно при реконструкции зданий в условиях плотной городской застройки, когда традиционные методы усиления, например устройство свай, затруднены.

Комбинированные методы усиления, сочетающие различные технологии, являются наиболее эффективными. Основываясь на применении таких комбинированных решений, как инъектирование и композитное армирование железобетонных балок, установлено, что результаты экспериментальных исследований позволяют повышение несущей способности до 90, 100 % по сравнению с исходным состоянием, что на 20, 30 % превышает показатели использования отдельных методов.

Дополнительно можно рассмотреть сейсмическое усиление зданий , которое особенно актуально для территорий с высокой сейсмической активностью. Использование обойм , связевых систем и композитных материалов позволяет повысить устойчивость зданий на 2–3 балла по шкале MSK-64 , а срок службы конструкций увеличивается до 50 лет.

Это подтверждает высокую эффективность современных методов усиления при динамических нагрузках.

Метод усиления	Прирост несущей способности , %	Изменение массы конструкции , %	Срок выполнения работ	Особенности применения
Железобетонные обоймы	40–60	+10–20	Средний	Надёжный , но увеличивает нагрузку на фундамент
Металлические обоймы	30–50	+5–15	Средний	Требует антикоррозионной защиты
Композитные материалы (углеволокно)	30–80	+1–3	Короткий	Высокая эффективность , минимальный вес
Инъектирование трещин	10–15 (усиление) , до 90 (восстановление)	0	Короткий	Восстановление целостности материала
Усиление оснований (инъекции)	25–50	0	Короткий	Эффективно при просадках грунта
Комбинированные методы	до 100	зависит от сочетания	Средний	Максимальный эффект

Обобщение результатов анализа эффективности различных технологий усиления показывает , что современные методы не только позволяют компенсировать снижение прочности конструкций , но и значительно повысить их эксплуатационные характеристики. Наиболее эффективными являются методы , основанные на применении композитных материалов и инъекционных технологий , поскольку они обеспечивают высокий прирост прочности при минимальном увеличении массы конструкции.

Литература

1. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. — М., 2003.
2. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. — М., 2018.
3. Малганов А. И., Плевков В. С., Полищук А. И.. Усиление железобетонных конструкций зданий и сооружений. — М.: АСВ, 2006. — 320 с.
4. Бондаренко В. М., Бондаренко С. В.. Расчёт и проектирование железобетонных и каменных конструкций. — М.: Высшая школа, 2007. — 876 с.
5. Кудишин Ю. И.. Металлические конструкции. — М.: Академия, 2011. — 336 с.
6. ACI Committee 440. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures (ACI 440.2R-17). — Farmington Hills, 2017.
7. fib International Federation for Structural Concrete. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. — Lausanne, 2019.
8. Тамбовцев В. И.. Инъекционные методы усиления строительных конструкций // Строительные материалы. — 2020. — № 5. — С. 34–38.
9. Ерофеев В. Т.. Современные методы усиления строительных конструкций при реконструкции зданий // Инженерный вестник Дона. — 2019. — № 4. — С. 45–52.
10. НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. Рекомендации по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. — М., 2018.
11. Хиль Н. Н.. Усиление оснований и фундаментов зданий. — М.: Стройиздат, 2012. — 256 с.
12. European Committee for Standardization. Eurocode 2: Design of concrete structures. — Brussels, 2004.

Technologies for strengthening load-bearing structures during building reconstruction

Konstantinov D.S., Malyshev N.S., Verchenko S.V., Khmelenko A.P., Silacheva D.D.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

The article presents modern technologies for strengthening load-bearing structures of buildings during reconstruction, taking into account the results of scientific research and practical application. The problem is considered in relation to the physical deterioration of the building stock and the need to extend its service life without complete demolition. The main causes of the reduction in load-bearing capacity are analyzed, including the effects of loads, aggressive environments, and foundation deformations. Both traditional and innovative strengthening methods are examined, such as increasing the cross-section of structural elements, the use of steel jackets, external reinforcement with composite materials, and injection technologies. Particular attention is paid to the comparative effectiveness of these methods, their impact on strength characteristics, and the operational performance of structures. Quantitative data reflecting the increase in load-bearing capacity and changes in structural weight are presented. It is concluded that the use of combined strengthening methods is advisable, as they ensure maximum efficiency with minimal costs and reduced construction time.

Keywords: structural strengthening, building reconstruction, load-bearing capacity, composite materials, injection technologies, reinforced concrete, building structures, technical inspection.

References

1. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. SP 13-102-2003. Rules for inspection of load-bearing building structures of buildings and cooружений. — Moscow, 2003.
2. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. — Moscow, 2018.
3. Malganov A. I., Plevkov V. S., Polishchuk A. I. Strengthening of reinforced concrete structures of buildings and structures. — Moscow: ASV, 2006. — 320 p.
4. Bondarenko V. M., Bondarenko S. V. Analysis and design of reinforced concrete and masonry structures. — Moscow: Vysshaya Shkola, 2007. — 876 p.
5. Kudishin Yu. I. Steel structures. — Moscow: Akademiya, 2011. — 336 p.
6. ACI Committee 440. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures (ACI 440.2R-17). — Farmington Hills, 2017.
7. fib International Federation for Structural Concrete. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. — Lausanne, 2019.
8. Tambovtsev V. I. Injection methods for strengthening building structures // Construction Materials. — 2020. — No. 5. — pp. 34–38.
9. Erofeev V. T. Modern methods of strengthening building structures during reconstruction // Engineering Bulletin of the Don. — 2019. — No. 4. — pp. 45–52.
10. Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A. A. Gvozdev (NIIZHB). Recommendations for strengthening reinforced concrete structures with composite materials. — Moscow, 2018.
11. Khil N. N. Strengthening of foundations and substructures of buildings. — Moscow: Stroyizdat, 2012. — 256 p.
12. European Committee for Standardization. Eurocode 2: Design of concrete structures. — Brussels, 2004.

Организация строительной площадки и её влияние на сроки и качество строительства

Константинов Данил Сергеевич
бакалавр, НИУ МГСУ, konstantinovdanilofficial13@gmail.com,

Малышев Никита Сергеевич
бакалавр, НИУ МГСУ, nmalysev611@gmail.com,

Верченко Сергей Вадимович
бакалавр, НИУ МГСУ, Sergeyv1001@yandex.ru,

Хмеленко Анна Павловна
бакалавр, НИУ МГСУ, annakkhme@gmail.com,

Силачёва Диана Дмитриевна
бакалавр, НИУ МГСУ, d.slchv777@gmail.com

В статье раскрывается влияние организации строительной площадки на сроки и качество выполнения строительных работ на основе анализа современных научных исследований и практики. Рассматриваются основные организационные факторы, в том числе: планирование строительных работ, управление материально-техническими ресурсами, логистика и координация взаимодействия участников строительства. Установлено, что низкий уровень организации часто приводит к снижению производительности труда на 20–30 %, увеличению сроков реализации проектов на 15–25 % и росту дефектности на 25–35 %. Проведён сравнительный анализ традиционных и современных методов организации строительных работ, в том числе с применением цифровых технологий и подходов оптимизации. Особое внимание уделено влиянию проектных решений и системы управления строительными работами на эффективность последних. Сделан вывод, что повышение уровня организации строительной площадки позволит существенно улучшить технико-экономические показатели объектов строительства, сократить сроки выполнения работ и повысить качество строящихся объектов.

Ключевые слова: организация строительной площадки, сроки строительства, качество строительства, производительность труда, строительные процессы, логистика, управление строительством, эффективность строительства

Организация строительной площадки, это совокупность управленческих, технологических и логистических мероприятий, направленных на обеспечение непрерывности строительного процесса, рационального использования ресурсов и соблюдения установленных сроков и требований к качеству. В современных условиях усложнения строительных проектов и растущих требований к эффективности производства данная проблема приобретает особое значение. Согласно исследованиям, до 50, 65 % задержек по срокам реализации строительных проектов связано с недостаточным уровнем организации строительной площадки, включая ошибки в планировании, логистике и управлении ресурсами.

Обзор существующих исследований показывает, что основными факторами, влияющими на эффективность организации строительной площадки, являются управление трудовыми ресурсами, материально-техническое обеспечение, планирование последовательности работ и контроль производственных процессов. В исследовании, проведённом на основе анкетирования 204 специалистов строительной отрасли, выявили 28 факторов, объединённых в 7 групп, среди которых наибольшее влияние оказывают управление площадкой, обеспечение материалами и координация работ. При этом организация (site management и planning) имеет более 0, 75 по индексу важности, что свидетельствует о её ключевой роли в обеспечении эффективности.

Данные также свидетельствуют, что неэффективная организация строительной площадки влечёт за собой значительные потери рабочего времени. Например, отсутствие своевременного обеспечения материалами и оборудованием может вызвать простой в 15, 20 % от общего рабочего времени, а нерациональная логистика перемещения материалов приведёт к увеличению трудозатрат на 10, 18 %. Вместе эти факторы могут снизить производительность труда на 20, 30 %, что напрямую влияет на сроки проекта. Согласно исследованиям, при снижении производительности на 10 % длительность строительства в среднем увеличивается на 12, 15 %, демонстрируя тем самым, насколько сильно календарные параметры проекта зависят от организации строительной площадки.

С точки зрения качества строительства организационные факторы отражаются на уровне технологической дисциплины и количестве дефектов. Исследования показывают, что 25, 35 % дефектов строительных работ связано с нарушениями организации производства, в частности, с несоблюдением последовательности операций, с недостаточным контролем и с плохими условиями труда. При этом доказано, что улучшение организации рабочих зон и оптимизация размещения оборудования могут снизить объём переделок на 15, 20 %, что оказывает прямое влияние на качество конечного продукта.

Организация материально-технического снабжения также играет большую роль. Исследования показывают, что задержки с поставкой материалов, одна из главных причин срыва сроков строительства. В среднем до 30 % задержек реализации проектов связано с перебоями в снабжении и недостаточной координацией поставок. В то же время внедрение технологий планирования логистики и оптимизация складских зон позволяют сократить время ожидания материалов на 25, 40 % и повысить общую производительность строительных процессов.

Важным направлением исследований является изучение влияния планировочных решений на строительной площадке. Установлено, что правильно спланированный генеральный план строительной площадки может повысить производительность труда на 10, 15 % за счёт сокращения времени перемещения рабочих и техники. Однако недостатки и ошибки в размещении временных сооружений, складов и транспортных путей могут привести к тому, что внутренние транспортные затраты вырастут до 20 % от общего объёма работ.

Сейчас многие исследования подтвердили, что организационные факторы существенно влияют на комплексные показатели эффективности проекта в целом: стоимость, сроки и качество. Так, низкий уровень организации строительной площадки призведёт к тому, что стоимость строительства проекта вырастет на 5, 15 % из-за перерасхода ресурсов и увеличения объёма переделок. При этом высокий уровень организации позволит сократить сроки строительства на 15, 25 % и снизить затраты на 10, 20 % за счёт оптимизации процессов и устранения потерь.

Много внимания в исследованиях уделяется человеческому фактору. Исследования показывают, что квалификация персонала, уровень управления и мотивация работников во многом определяют общую эффективность строительного производства. Так, до 70, 85 % эффективности производства. Низкий уровень согласованности между участниками

строительного процесса, недостаточная квалификация работников и слабый контроль со стороны руководства приведут к тому, что производительность снизится, сроки увеличатся, качество работ ухудшится. Но современные методы управления, в том числе цифровые системы планирования и контроля, эффективно взаимодействуют и способствуют устойчивому развитию проектов.

Дополнительные исследования показывают, что внедрение индустриальных и цифровых технологий, в том числе BIM и систем мониторинга, способствует повышения эффективности организации строительной площадки. Так, использование цифровых инструментов планирования позволяет снизить число организационных ошибок на 20, 30 % и повысить точность календарного планирования до 90, 95 %. Это обеспечивает как более стабильное выполнение графиков строительства, так и повышение качества работ.

Итак, по итогам обзора исследований можно сделать вывод, что организация строительной площадки, ключевой фактор, определяющий эффективность строительства. В количественном выражении это означает, что наличие правильных решений по организации способно увеличить производительность строителей на 15, 30 %, сократить сроки строительства на 15, 25 %, и уменьшить количество дефектов на 20, 35 %. Следовательно, развитие системы организации строительной площадки, внедрение современных управленческих технологий и повышение квалификации кадров, это три главных направления повышения эффективности строительства в целом.

Литература

13. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. — М., 2003.
14. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. — М., 2018.
15. Малганов А. И., Плевков В. С., Полищук А. И.. Усиление железобетонных конструкций зданий и сооружений. — М.: АСВ, 2006. — 320 с.
16. Бондаренко В. М., Бондаренко С. В.. Расчёт и проектирование железобетонных и каменных конструкций. — М.: Высшая школа, 2007. — 876 с.
17. Кудишин Ю. И.. Металлические конструкции. — М.: Академия, 2011. — 336 с.
18. ACI Committee 440. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures (ACI 440.2R-17). — Farmington Hills, 2017.
19. fib International Federation for Structural Concrete. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. — Lausanne, 2019.
20. Тамбовцев В. И.. Инъекционные методы усиления строительных конструкций // Строительные материалы. — 2020. — № 5. — С. 34–38.
21. Ерофеев В. Т.. Современные методы усиления строительных конструкций при реконструкции зданий // Инженерный вестник Дона. — 2019. — № 4. — С. 45–52.
22. НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. Рекомендации по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. — М., 2018.
23. Хиль Н. Н.. Усиление оснований и фундаментов зданий. — М.: Стройиздат, 2012. — 256 с.
24. European Committee for Standardization. Eurocode 2: Design of concrete structures. — Brussels, 2004.

Organization of the construction site and its impact on the timing and quality of construction

Konstantinov D.S., Malyshev N.S., Verchenko S.V., Khmelenko A.P., Silacheva D.D.
NRU MGSU

The article examines the impact of construction site organization on the duration and quality of construction works based on the analysis of modern scientific research and practical experience. The main organizational factors are considered, including planning of construction works, management of material and technical resources, logistics, and coordination of interaction among construction participants. It has been established that a low level of organization often leads to a decrease in labor productivity by 20–30%, an increase in project implementation time by 15–25%, and a growth in defect rates by 25–35%. A comparative analysis of traditional and modern methods of organizing construction works is carried out, including the use of digital technologies and optimization approaches. Special attention is paid to the influence of design decisions and construction management systems on overall efficiency. It is concluded that improving the level of construction site organization can significantly enhance the technical and economic performance of construction projects, reduce construction time, and improve the quality of constructed facilities.

Keywords: construction site organization, construction duration, construction quality, labor productivity, construction processes, logistics, construction management, construction efficiency.

References

13. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. SP 13-102-2003. Rules for inspection of load-bearing building structures of buildings and сооружений. — Moscow, 2003.
14. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. — Moscow, 2018.
15. Malganov A. I., Plevkov V. S., Polishchuk A. I. Strengthening of reinforced concrete structures of buildings and structures. — Moscow: ASV, 2006. — 320 p.
16. Bondarenko V. M., Bondarenko S. V. Analysis and design of reinforced concrete and masonry structures. — Moscow: Vysshaya Shkola, 2007. — 876 p.
17. Kudishin Yu. I. Steel structures. — Moscow: Akademiya, 2011. — 336 p.
18. ACI Committee 440. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures (ACI 440.2R-17). — Farmington Hills, 2017.
19. fib International Federation for Structural Concrete. Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. — Lausanne, 2019.
20. Tambovtsev V. I. Injection methods for strengthening building structures // Construction Materials. — 2020. — No. 5. — pp. 34–38.
21. Erofeev V. T. Modern methods of strengthening building structures during reconstruction // Engineering Bulletin of the Don. — 2019. — No. 4. — pp. 45–52.
22. Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A. A. Gvozdev (NIIZHB). Recommendations for strengthening reinforced concrete structures with composite materials. — Moscow, 2018.
23. Khil N. N. Strengthening of foundations and substructures of buildings. — Moscow: Stroyizdat, 2012. — 256 p.
24. European Committee for Standardization. Eurocode 2: Design of concrete structures. — Brussels, 2004.

Применение безрулонных монолитных кровель из самоуплотняющегося бетона при капитальном ремонте многоквартирных домов

Коротеев Дмитрий Дмитриевич
кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий и организации строительного производства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, KoroteevDD@mgsu.ru,

Харитонова Мария Сергеевна
магистрант, кафедра технологий и организации строительного производства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, mariyash23.mv@gmail.com

В статье рассматривается проблематика фактического срока эксплуатации одного из самых распространенных типов кровель многоквартирных домов (далее – МКД) – битумно-полимерных. На основании актуальных нормативных документов, минимальный срок эффективной службы кровли данного типа до 4 слоев – 10 лет. Долгосрочные планы на капитальный ремонт МКД субъектами Российской Федерации составлены на 25-30. Следовательно, возникает необходимость ремонта кровли раньше, чем указанный промежуток: 3 раза, каждое десятилетие. Стоит обратить внимание, что данный процесс является проблемой с финансовой стороны реализации работ, ведь частая периодичность проведения капитального ремонта влечет за собой расходы, возложенные на собственников помещений, а не в рамках распределенного регионального бюджета. В рамках данной проблематики рассмотрен способ перехода в рамках капитального ремонта кровли с типового решения на кровлю, в составе которой присутствует слой из самоуплотняющегося бетона (далее – СУБ). Несомненно, использование материала на территории России влечет за собой ряд ограничений в рамках отсутствия утвержденной на федеральном уровне сметной стоимости данного вида работ в рамках капитального ремонта и отсутствия утвержденной нормативной регламентации производства работ. Также, ряд ограничений вызывает не состав внешнего слоя кровли из СУБ, а несвязность управления при внедрении нового типового решения в ряде выделенных регионов и дальнейшая организация производства работ уровнями: уровень А - региональный оператор капитального ремонта и регулирующие их деятельность нормативно-правовые акты, уровень Б – организация строительного производства в рамках данного процесса. В рамках статьи сформированы «кризисные позиции» регионов, которые необходимо проработать и подходы к их устранению для включения предлагаемого состава кровли в программу капитального ремонта МКД.

Ключевые слова: безрулонная монолитная кровля, самоуплотняющийся бетон, капитальный ремонта, многоквартирный дом, жизненный цикл, региональный оператор капитального ремонта, СУБ, методика.

Введение

По результатам анализа данных Росстата, площадь жилого фонда МКД, составляет ≈ 2,5 млрд.м^2 [1]. На основании мониторинга, проведенного публично-правовой компании «Фонд развития территорий» при поддержке Минстроя России, за 2025 год в рамках капитального ремонта было выполнено 114 тыс. работ в 49 тыс. МКД, в том числе обновлено около 16 тыс. крыш [2], но это не является подтверждением исполнения регионами планов работ и достижения необходимых показателей. Выступления официальных лиц отрасли жилищно-коммунального хозяйства на публичной арене подтверждают невыполнение показателей, серьезные отклонения от проектных сроков проведения ремонтов МКД, что влечет за собой перенос объектов капитального ремонта на последующие годы и проблемы с финансовой стороны, дискомфорт и угрозу жизни собственников в МКД. Например, депутат Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации VIII созыва, Светлана Викторовна Разворотнева, фиксирует, что в 49 субъектах страны ремонт осуществляется по программам прошлых лет, к чему приводит невыполнение уже существующих планов работ [3].

Но, к сожалению, еще большей проблемой является фактический срок службы конструкций. На территории страны принято типовое решение для кровли МКД – рулонная битумно-полимерная. Минимальный срок службы данного кровельного решения, состоящей из 3-4 слоев – 10 лет, капитальный ремонт, в свою очередь, проводится раз в 25-30 лет, несомненно, на основании обследования физического износа конструкций, проводимого для кровли раз в 3-6 месяцев. [4,17]. Особенно ощутима данная проблема в регионах, расположенных в особых климатических зонах: Сибирь, Крайний Север, Арктическая зона, Приморье, Дальний Восток [5,6]. Необходимо обратить внимание на ведущие проблемы при проведении капитального ремонта в перечисленных регионах: климатические факторы (затяжной осенне-зимний период, резкий переход температуры через отметку 0 °С), нехватка средств и несогласованность планирования и организации внутри региона в рамках производственных процессов.

На основании данной проблематики предлагается рассмотрение иного типового решения для внедрения в практику реализации региональных программ капитального ремонта: безрулонная монолитная кровля с применением СУБ в качестве верхнего слоя.

Безрулонная монолитная кровля – конструктивное покрытие, отличительной особенностью которого является объединение нескольких функций посредством единого слоя бетона с высокими характеристиками водонепроницаемости и морозостойкости: защита и гидроизоляция. Рассматривая данный тип состава кровли с применением СУБ, преимущество её применения, относительно распространенной рулонной битумно-полимерной кровли, обеспечивается несколькими способами:

1. При производстве работ с применением СУБ исключается необходимость вибрирования смеси, так как уплотнение происходит за счёт собственного веса, что позволяет полагать о быстром монтаже в рамках повышения производительности работ бетонирования и снижение трудозатрат [9].
2. Для рулонных битумно-полимерных кровель существует необходимо предусматривать специальные мероприятия: сползание водоизоляционного ковра по основанию, более того, существует необходимость дополнительных мероприятий по предотвращению данного решения по уклону и теплостойкости [7]. В свою очередь, при применении СУБ в качестве верхнего кровельного слоя данная необходимость отсутствует, следовательно, снижаются эксплуатационные риски.
3. В рамках использования кровли как «эксплуатируемой» или нагруженной, что значит на кровлю оказывается избыточная временная нагрузка, например, снеговой мешок, требуется защитный – верхний слой с особыми характеристиками: высшая категория пожарной безопасности материала – НГ, класс морозостойкости – не ниже F150 [7]. Данным характеристикам отвечает СУБ, толщиной слоя до 100 мм. Битумно-полимерный материал в данном случае возможен только как гидроизоляционный слой.

Возможность применения плоской кровли для МКД по предлагаемой методике – реализуема, так как рецептура имеет лабораторные обоснования [8].

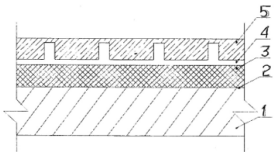


Рис.1. Послойный состав кровли с применением СУБ.
Источник: составлено авторами.

Примерный состав без привязки к региональным климатическим условиям представлен в таблице 1.

Таблица 1
Состав кровли для капитального ремонта.

№ п/п	Наименование материала слоя	Примечание
1	Плита перекрытия	Несущая конструкция
2	Пароизоляционный слой	
3	Минераловатный утеплитель	Жёсткий
4	Резиновая шпонка	Для обеспечения герметизации слоя
5	СУБ, W16, F500, SF2	Слой 70-100 мм предлагается как гидроизоляционный и превышает минимальные требования к слоям плоской кровли [9]. Класс по расплыву позволит производить укладку без уплотнения посредствам вибрирования [10], что является важным критерием при капитальном ремонте без расселения жильцов.

Источник: составлено авторами.

Несмотря на существующую модель кровли, она не применяется при капитальном ремонте МКД. Региональные операторы продолжают делать выбор в сторону применения рулонной кровли, которая несет за собой большие затраты для 2,5 млрд. м^2 на территории страны [2].

Кровля является важным конструктивным элементом и определяется как общее имущество, следовательно, в обязательном порядке входит в перечень осуществляемых капитального ремонта, проводимого за счет необходимых взносов собственников [4,11].

Каждый орган региональной власти в праве устанавливать собственные расценки на данный вид работ (по состоянию на январь 2026 года): Тульская область – 16,15 руб/м^2, Москва – 32,63 руб/м^2, Свердловская область – 18,81 руб/м^2 [12]. Вызванные напряжения населения, связанные с ростом задолженности собственников за капитальный ремонт: 2022 г. – 124,9 млрд. руб., 2024 г. – 134,2 млрд. руб. [13] - совершенно предсказуемы, ведь государством возможно финансирование данной программы лишь через механизм субсидирования [14].

Рассматриваемая проблематика перехода от безрулонной кровли к кровле из слоя с СУБ ставится не в направлении материаловедения, а в рамках организации и управления – системный подход. На территории страны преимущественно реализуются рулонные кровли, так как на текущий момент это обеспечивает низкую стоимость работ, относительно реализации кровель с инновационными материалами, и низкие затраты на труд рабочих, что не влечет для регионального оператора затраты на методологию.

Региональные «кризисные позиции» и методика перехода

Анализируя существующую сложившуюся ситуацию в строительной отрасли, а детальнее – в отрасли жилищно-коммунального хозяйства в части проведения капитального ремонта с применением СУБ, выделены наиболее незащищенные стороны – кризисные, по 6 направлениям, представленные на рисунке 2.

Рис.2. «Кризисные позиции» в рамках капитального ремонта кровли с СУБ.
Источник: составлено авторами.

На основании «слабых мест» проведения капитального ремонта кровли с применением СУБ, рациональна проработка методик перехода региона с проработкой «кризисных позиций» предлагаемого метода. В целях комплексной проработки составлена «дорожная карта» по переходу от капитального ремонта кровли традиционной методикой к производству работ с СУБ, представленной в таблице 2.

Таблица 2
«Дорожная карта» для перехода к производству работ с применением СУБ, предлагаемым регламентируемым документом и ответственным уровневым органом власти

№ п/п	Предлагаемый документ	Срок реализации этапа	Ответственный уровневый орган власти	«Кризисная позиция»
1	Локальный НПА, содержащий в себе запуск пилотного проекта по ремонту кровли с применением СУБ в рамках проведения программы капитального ремонта МКД как инновационного альтернативного типового решения. Предусматривает: 1. Отбор пилотных МКД (от 3 до 5 шт.). 2. Приблизительно одинаковые конструктивные характеристики: тип крыши, площадь, конструктивные характеристики плиты перекрытия (с учетом планируемой доп. нагрузки от СУБ).	Не более 3 месяцев	Субъект Российской Федерации	«5. Нормативно-контрольная позиция» и «2. Проектно-сметная позиция» частично могут быть учтены документом
2	Методическое руководство (региональное) – РМР. В состав входит: 1. Типовой состав конструкции («пирог»). 2. Требования к материалам в «пироге». 3. Контроль качества. 4. Уход за бетоном (относительно реализации проекта: летний период, зимний период). 5. Состав необходимых документов на объекте производства работ: формулы журналов, АОСР, контрольные образцы и прилагаемые ведомости. Для сопровождения данного документа необходима разработка тех.задания для осуществления торгов [16].	От 3 до 6 месяцев	Региональный ОИВ (Минстрой региона), региональный оператор	«5. Нормативно-контрольная позиция» и «2. Проектно-сметная позиция» частично могут быть учтены документом
3	Укрупненный норматив стоимости работ. С учетом фактической обоснованной стоимости пилотного проекта, перерасчета индексов [16] – утверждение регионального укрупненного норматива	От 6 до 12 месяцев	Региональный ОИВ (Минстрой региона)	«2. Проектно-сметная позиция» частично может быть учтена документом
4	Реестр квалифицированных подрядных организаций (далее - РКПО) – введение в его состав специального сегмента с признанием СУБ «аналогичным бетоном» по характеристикам материала	До 9 месяцев	Орган, ответственный за РКПО (например, Фонд капитального ремонта региона)	«3. Квалификационная позиция» может быть учтен документом
5	Логистика производства. Проведение анализа растворобетонных узлов, которые способны производить необходимый вид СУБ. Формирование «Карта зон применимости материала».	До 6 месяцев	Региональный оператор, организации по производству бетона	4. «Производственная позиция» может быть учтена документом
6	Разработка подготовки и повышения квалификации кадров. Создание профильной кафедры на базе образовательной организации (на платной или бюджетной основе)	-	Профильный строительный вуз, научный институт, региональный ОИВ, заинтересованные профильные организации	«1. Сертификационная позиция» и «6. Кадровая позиция» могут быть учтены

Источник: составлено авторами.

На основании данной дорожной карты образуется замкнутый цикл по реализации пилотного проекта в регионе, который может быть реализован за 12-16 месяцев (с учетом готовой программы по обучению или повышению квалификации сотрудников).

Прогнозируемый региональный эффект

Эффект, который возможно достигнуть посредствам предлагаемой «дорожной карты», представленной в таблице 2, - многоуровневый.

Реализуемая практика рулонной кровли создает риск загрузки для ремонтных бригад, который соответствует сроку службы кровли – 10 лет [4]: включенные в РКПО организации осуществляют деятельность в рамках перегрузки в один и тот же период, с сопутствующей нехваткой нагрузки и строительных объемов в межсезонье. Переход к монолитной кровле с СУБ обеспечивает длительный, круглогодичный режим ремонта, освобождая бригады для осуществления кровельных работ на другие направления капитального ремонта, не менее востребованные: лифт, фасадные системы, инженерные системы, что влечет за собой уменьшение трат на субподрядную логистику, устойчивость кровельных подрядных бригад, которые не зависят от пиковых контрольных точек капитального ремонта в регионах.

Безусловно, максимальный эффект ожидается в регионах, где действительно необходимо внедрения нового вида ремонта кровли, где погодные условия уменьшают рабочий сезон, доступный для капитального ремонта на несколько месяцев и влияют на материал таким образом, что восстановление необходимо даже раньше нормативного срока службы: населенные пункты в Сибири, Крайний Север, Арктическая зона, Приморье, Дальний Восток. В данном списке регионов сужено сезонное окно, и проблематика вопросов капитального ремонта чрезвычайно обострена. Обращая внимание на субъекты страны, на которых превалирует умеренный климат, возможный метод реализации капитального ремонта возможен к предложению, но не преподносится как универсальный.

Заключение

Несомненно, внедрение безрулонных монолитных кровель из СУБ в капитальный ремонт МКД – весьма комплексный, многоэтапный и трудозатратный метод. Организационно-технологическая сторона внедрения обостряет проблематику типовой серийной реализации в сложившихся ситуациях в регионах: материал готов, а механика внедрения – нет.

Практическая значимость выделенного направления деятельности опирается на гипотезу реализации методики в рамках существующего законодательства без введения новых нормативных актов федеральной значимости, ограничившись региональными.

Ключевые управленческие шаги затрагивают формирование РМР, утверждения регионального укрупненного норматива стоимости и т.д. в рамках разработанной «дорожной карты», а значит, субъект легитимен осуществлять данную деятельность в пользу населения своего региона самостоятельно. В данном подходе и заключается отличие предлагаемого метода относительно типовых стратегий внедрения инновационных строительных технологий, ведь они, как правило, требуют анализа и переработки нормативной базы на федеральном уровне и, как следствие, ведут к невозможности применения, так как несопоставимы с динамикой реализации программ капитального ремонта в регионах Российской Федерации.

Безусловно, методика необходима к внедрению посредствам пилотного проекта на территориях с тяжелыми климатическими условиями, так как необходимы данные для анализа, полученные эмпирическим путем, на основании внедрениях в существующих МКД. Именно натурные данные предоставят информацию для сопоставительной оценки стоимости жизненного цикла на основании реальных объемов. Не стоит недооценивать и вопрос разработки специального регламента по приемке работ, ведь именно обобщение региональной практики может поставить вопрос перед федеральными органами власти об актуализации соответствующих сводов правил в ближайшей перспективе.

Таким образом, внедрение в капитальный ремонт кровли инновационного состава с обновленным несущим гидроизоляционным слоем, состоящим из СУБ, возможно только при выделении пилотного региона и его сформированной практике эксплуатации для масштабирования и помощи в реализации другим регионам.

Литература

1. Аналитическая записка «О жилищном строительстве в Российской Федерации в 2024 году». – М: Росстат, 2024. – 24 с.
2. ППК «ФРТ»: офиц.сайт – Дата публикации: 03.02.2026. – URL: https://xn--p1aee.xn--p1ai/news/v-2025-godu-raboty-po-kapremontu-proveli-v-49-tys-mnogokvartirnykh-domov-rossii/ (дата обращения: 15.05.2026).
3. Чистов А., Трубилина М. Как добиться капитального ремонта своего дома // Региональный фонд содействия капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных домах Свердловской области: офиц.сайт – Дата публикации: 14.12.2020. – URL: https://fkr66.ru/news/1207-kak-dobitsja-kapitalnogo-remonta-svoego-doma.html (дата обращения: 15.05.2026).
4. Федеральный закон от 25.12.2012 №271-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации». – М: Государственная дума, 2012. – 22 с.
5. Союз городов Заполярья и крайнего Севера: офиц. сайт. – URL: https://krayniy-sever.ru/?page_id=1612 (дата обращения: 15.05.2026).
6. ТАСС: информационное агентство России: офиц. сайт. - Москва, 1999 – URL: https://tass.ru/nedvizhimost/21541791 (дата обращения 15.05.2026).
7. СП 17.13330.2017 «Кровли». – М: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2017. – 46 с.
8. Жагифаров А.М., Ахметов Д.А., Сулеев Д.К., Жумадилова Ж.О., Бегентаев М.М., Пухаренко Ю.В. Исследование гидрофизических свойств и коррозионной стойкости модифицированных самоуплотняющихся бетонов. Investigation of hydrophysical properties and corrosion resistance of modified self-compacting concretes // Материалы (Materials) – 2024. - № 11. – номер статьи: 2605.
9. ГОСТ Р 59714-2021 «Смеси бетонные самоуплотняющиеся. Технические условия». – М: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский институт стандартизации», 2022. – 16 с.
10. 7. ГОСТ Р 58002-2017 «Испытание бетонной смеси. Часть 8. Самоуплотняющийся бетон. Испытание смеси на расплыв». – М: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2017. – 12 с.
11. Жилищный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 188-ФЗ. – М: Собрание законодательства Российской Федерации, 2005. – 272 с.
12. Приказ от 27 июня 2016 года № 454/пр «Об утверждении методических рекомендаций по установлению минимального размера взноса на капитальный ремонт». – М: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2016. – 9 с.
13. Пояснительная записка к ЗКП №1037203-8 «О внесении изм. В статью 183 Жилищного кодекса Российской Федерации» (дата внесения в Госдуму – октябрь 2025 г.).
1. 14.. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 октября 2025 года № 1698 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2020 г. № 1526». – М: Правительство Российской Федерации, 2025. – 2 с.
14. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 года № 615. – М: Правительство Российской Федерации, 2016. – 74 с.
15. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 4 августа 2020 года № 421/пр «Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации» с изменениями, внесенными приказом от 30 января 2024 года № 55/пр. – М: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2020. – 224 с.
16. Ведомственные строительные нормы ВСН 58-88 (р). «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания здания, объектов коммунального и социально-культурного назначения». – М: Государственный комитет по архитектуре и градостроительству при Госстрое СССР, 1989. – 42 с.

The use of membrane-free monolithic roofs made of self-compacting concrete in the capital repair of multi-family residential buildings

Koroteev D.D., Kharitonova M.S.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the actual service life of one of the most widespread roof types in multi-family residential buildings (hereinafter MRB) — bitumen-polymer roofs. Under current regulatory documents, the minimum effective service life of this roof type with up to four layers is 10 years. Long-term capital repair plans for MRBs drawn up by the constituent entities of the Russian Federation span 25 to 30 years. Consequently, roof repair becomes necessary before that interval elapses — three times each decade. This recurring cycle presents a significant financial challenge, since the high frequency of capital repairs generates costs borne by flat owners rather than covered within the allocated regional

budget. Against this backdrop, the article considers a transition, within the framework of roof capital repair, from a standard solution to a roof incorporating a layer of self-compacting concrete (hereinafter SCC). The use of this material in Russia is subject to a number of constraints: there is no federally approved estimated cost for this type of work within capital repair programmes, and no approved regulatory framework governing the construction works. Additional complications arise not from the composition of the external SCC roof layer itself, but from the fragmented management encountered when introducing the new standard solution across selected regions, and from the subsequent organisation of construction works at two levels: Level A — the regional capital repair operator and the regulatory acts governing its activities; Level B — the organisation of construction works within this process. The article identifies the critical constraints facing the regions that require further development, and proposes approaches to resolving them in order to incorporate the proposed roof composition into the MRB capital repair programme.

Keywords: membrane-free monolithic roof, self-compacting concrete, capital repair, multi-family residential building, life cycle, regional capital repair operator, SCC, methodology.

References

1. Analytical Note "On Housing Construction in the Russian Federation in 2024". – Moscow: Rosstat, 2024. – 24 p.
2. PPK "FRT": official website. – Publication date: 03.02.2026. – URL: https://xn--p1aee.xn--p1ai/news/v-2025-godu-raboty-po-kapremontu-proveli-v-49-tys-mnogokvartirnykh-domov-rossii/ (accessed: 15.05.2026).
3. Chistov A., Trubilina M. How to Achieve Capital Repair of Your Building // Regional Fund for Promoting Capital Repair of Common Property in Multi-Family Residential Buildings of the Sverdlovsk Region: official website. – Publication date: 14.12.2020. – URL: https://fkr66.ru/news/1207-kak-dobitsja-kapitalnogo-remonta-svoego-doma.html (accessed: 15.05.2026).
4. Federal Law No. 271-FZ of 25.12.2012 "On Amendments to the Housing Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation and on the Invalidation of Certain Provisions of Legislative Acts of the Russian Federation". – Moscow: State Duma, 2012. – 22 p.
5. Union of Cities of the Polar Region and the Far North: official website. – URL: https://krayniy-sever.ru/?page_id=1612 (accessed: 15.05.2026).
6. TASS: Russian News Agency: official website. – Moscow, 1999. – URL: https://tass.ru/nedvizhimost/21541791 (accessed: 15.05.2026).
7. SP 17.13330.2017 "Roofs". – Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, 2017. – 46 p.
8. Zhagifarov A. M., Akhmetov D. A., Suleyev D. K., Zhumadilova Zh. O., Begentayev M. M., Pukharenko Yu. V. Investigation of hydrophysical properties and corrosion resistance of modified self-compacting concretes // Materials. – 2024. – No. 11. – Article No. 2605.
9. GOST R 59714-2021 "Self-Compacting Concrete Mixtures. Technical Specifications". – Moscow: Federal State Budgetary Institution "Russian Institute of Standardisation", 2022. – 16 p.
10. GOST R 58002-2017 "Testing of Fresh Concrete. Part 8. Self-Compacting Concrete. Slump-Flow Test". – Moscow: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, 2017. – 12 p.
11. Housing Code of the Russian Federation: Federal Law No. 188-FZ of 29 December 2004. – Moscow: Collected Legislation of the Russian Federation, 2005. – 272 p.
12. Order No. 454/pr of 27 June 2016 "On the Approval of Methodological Recommendations for Establishing the Minimum Capital Repair Contribution Amount". – Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, 2016. – 9 p.
13. Explanatory Note to Draft Law No. 1037203-8 "On Amendments to Article 183 of the Housing Code of the Russian Federation" (submitted to the State Duma: October 2025).
14. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1698 of 30 October 2025 "On Amendments to Decree of the Government of the Russian Federation No. 1526 of 23 September 2020". – Moscow: Government of the Russian Federation, 2025. – 2 p.
15. Decree of the Government of the Russian Federation No. 615 of 1 July 2016. – Moscow: Government of the Russian Federation, 2016. – 74 p.
16. Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation No. 421/pr of 4 August 2020 "On the Approval of the Methodology for Determining the Estimated Cost of Construction, Reconstruction, Capital Repair, Demolition of Capital Construction Objects, and Works for the Preservation of Cultural Heritage Sites (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation on the Territory of the Russian Federation", as amended by Order No. 55/pr of 30 January 2024. – Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, 2020. – 224 p.
17. Departmental Construction Norms VSN 58-88(r) "Regulations on the Organisation and Conduct of Reconstruction, Repair and Maintenance of Buildings, Municipal and Socio-Cultural Facilities". – Moscow: State Committee for Architecture and Urban Planning under the USSR State Construction Committee, 1989. – 42 p.

Оценка сейсмостойкости железобетонных каркасных зданий с коррозионными повреждениями арматуры в колоннах

Кудрявцев Максим Владимирович
кандидат технических наук, преподаватель кафедры железобетонных и каменных конструкций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, k.m.v.29.12.96@yandex.ru,

Инюшина Ксения Петровна
студент кафедры гидравлики и гидротехнического строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,

Чендев Федор Юрьевич
студент кафедры гидравлики и гидротехнического строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

В статье рассматривается влияние приобретенных коррозионных повреждений рабочей продольной арматуры в железобетонных колоннах на сейсмостойкость каркасных зданий. Предложена блок-схема оценки фактического коэффициента допускаемых повреждений K_1', учитывающая уменьшение сечения арматуры, откалывание защитного слоя бетона и снижение прочностных характеристик стали. Выполнены расчёты для трёх расчётных ситуаций расположения коррозионных дефектов в колоннах пятиэтажного каркасного здания. Установлено, что коррозия приводит к увеличению периода колебаний, снижению жёсткости каркаса и уменьшению сейсмостойкости до 12 %. Предложенный подход позволяет выполнять оценку без использования сложных программных комплексов на основе нормативных методов. Результаты могут применяться при обследовании и усилении зданий в сейсмоопасных зонах с агрессивными средами.
Ключевые слова: сейсмостойкость, коррозия, колонна, сжатые элементы, агрессивная среда, железобетон.

1 Введение

За последнее время количество разрушений зданий и сооружений от сейсмического воздействия стремительно увеличилось. За последние годы произошёл ряд крупных землетрясения в Турции и Сирии 6 февраля 2023 года (количество жертв более 3000, погибших 1660 человек), Марокко 8 сентября 2023 года (5530 раненых и 2946 погибших), Афганистан 7-11 октября (9240 раненых и 2530 погибших), Япония 1 января 2024 год (1300 раненых и 339 погибших), Тайвань 3 апреля 2024 год (9 погибших и более 1000 раненых). В результате землетрясений произошло множество обрушений зданий, которые привели к гибели мирных жителей. Некоторые из причин разрушения конструкций является дефицит сейсмостойкости вследствие таких факторов как низкое качество СМР, некачественные строительные материалы, ошибки проектировщиков, износ конструкций, коррозионные повреждения [1, 3]. Железобетонные конструкции, находящиеся в условиях эксплуатации агрессивных сред (химическое производство, влияние морской воды, электрохимическая коррозия и др) вызывают коррозионные повреждения железобетонных конструкций [10-11]. Это влияние может значительно снижать сейсмостойкость зданий находящихся в сейсмически опасных районах

При сейсмическом воздействии в зданиях могут допускаться значительные пластические деформации [4]. В своде правил РФ по сейсмостойкому строительству за учет возможного возникновения или полного отсутствия пластических деформаций в элементах конструкций отвечает коэффициент допускаемых повреждений – K_1, находящийся в пределах от 0,12 до 1,0 (от значительных повреждений конструкций до их полного отсутствия). В литературе существуют разные подходы для определения K_1 [2, 6-8, 12, 13]. На основе анализа литературы был предложен подход к определению K_1, который учитывает повреждения несущих конструкций вследствие коррозионных процессов в арматурных стержнях (рис. 1) [9].

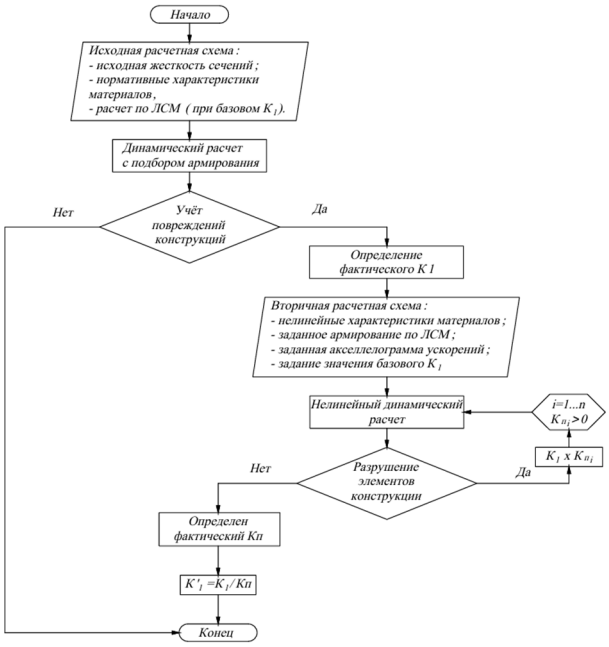


Рис.1. Блок-схема к уточнению K_1

2 Методы исследования

Выполним расчет каркасного железобетонного здания в программном комплексе ЛИРА-САПР по блок-схеме на рисунке 1 для определения дефицита сейсмостойкости, рассматриваемого здания при поврежденных коррозией арматурных продольных стержней железобетонных колонн.

Исходные данные: сетка колонн 6х6 м, габариты в плане 18х30 м, высота этажа 3 м, количество этажей – 5. Сейсмичность площадки – 8 баллов (2 м/с^2), K_1 – 0,35, K_0 – 1,00, K_ψ – 1,30. При конструировании принят бетон В25, арматура А500. Нагрузки, действующие на железобетонный каркас: собственный вес, снеговая нагрузка, полезная и постоянная нагрузка.

Рассмотрен самый неблагоприятный случай коррозии колонн первого этажа, т.к. они наиболее подвержены негативным воздействиям техногенного и климатического характера, приводящим к появлению коррозии, а также как наиболее нагруженные.

В качестве прогноза коррозионных повреждений в колоннах выбраны три расчетные ситуации (рис. 2): №1 центральные колонны Б-В/2-3; №2 колонны вдоль буквенных осей А/2-5 и Г/2-5; №3 колоны в углу между осями В-Г/1-4.

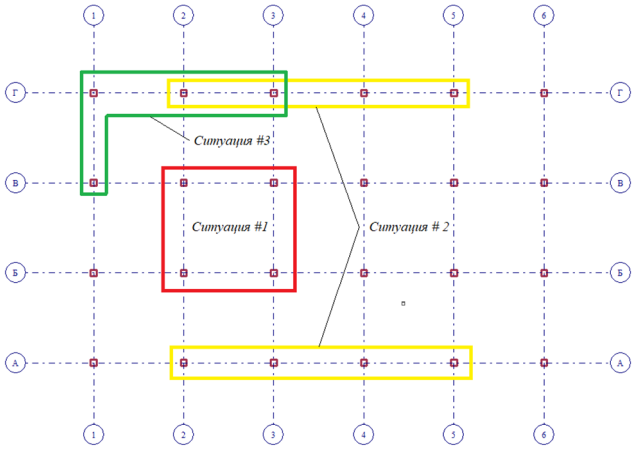


Рис. 2 Схема расположения дефектов в колоннах.

Выполняем расчет по блок-схеме для каждой расчетной ситуации в следующей последовательности:

1. Выполняем расчет по ЛСМ без учета повреждений конструкций и определяем расчетную площадь сечения арматуры Результаты расчета приведены на рисунке 3.

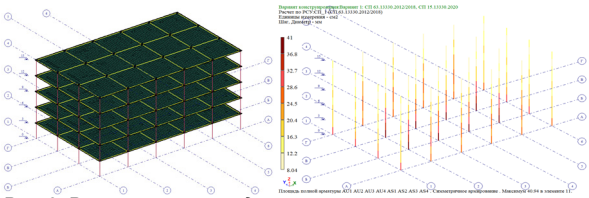


Рис. 3. Расчетная схема здания

2. По результатам расчета ЛСМ выполняем заданное армирования (ТЗА) в расчетной схеме приводя теоретическую площадь стержней к фактическому: центральные колонны 4Ø36 А500 A_s=40,70 см^2; колонны, расположенные по периметру 4Ø32 А500 A_s=32,15 см^2.

3. Следующим этапом выполняем расчет по нормированной акселлерограмме, соответствующей землетрясению в 8 баллов с максимальным ускорением в уровне основания 2 м/с^2 (рис. 4). А также для арматуры зададим нелинейные диаграммы деформирования.

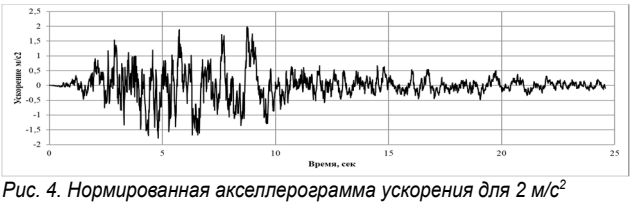


Рис. 4. Нормированная акселлерограмма ускорения для 2 м/с^2

4. По результатам расчета получаем коэффициент запаса армирования для стержней. Если коэффициент запаса армирования меньше или значительно больше 1, то вводим коэффициент прочности $К_п$ применяемый к акселлерограмме и выполняем пересчет до тех пор, пока коэффициент запаса армирования не будет близок или равен 1. Фактический коэффициент допускаемых повреждений K_1' определяем по формуле 1:

$$K_1' = \frac{K_1}{K_0 K_\psi K_п}. \quad (1)$$

5. На основе полученной уточненной расчетной схемы повторим пересчет, но уже с корректировкой жесткостей железобетонных колонн с учетом изменения расчетного диаметра рабочей арматуры вследствие её коррозии и изменения контура сечения бетона из-за откалывания защитного слоя на основе анализа проведенных экспериментов [5]. Из-за коррозии арматуры откорректируем её прочностные параметры и снизим нормативные характеристики на 10%.

6. Выполняем пересчет по пункту 4 и определяем K_1' для каждой расчетной ситуации.

3 Оценка результатов

По результатам расчетов трех расчетных ситуаций были определены такие параметры как: период колебаний, горизонтальное перемещение верха каркаса вдоль действия сейсмической нагрузки, опорная реакция у основания здания, коэффициент прочности $К_п$ и фактический коэффициент допускаемых повреждений K_1'. Результаты расчетов и анализ данных приведен в таблице 1.

Табл. 1
Результаты определения K_1'

№ п.п.	Расчетная ситуация	Период T, сек	Горизонтальное смещение по X мм	Реакция в основании, кН	$К_п$	K_1'	$\gamma_{К1}$	$\gamma_{K_1'}$
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8***	**9**
1	Базовая схема	0,832	34	-463,46	0,791	0,34	0,97	1,0
2	№1	0,837	30,1	-381,18	0,714	0,38	1,09	1,12
3	№2	0,837	32,4	-409,46	0,769	0,35	1,0	1,03
4	№3	0,835	31,4	-392,46	0,734	0,367	1,05	1,08

Результаты сравнения коэффициентов $К_1$ нормативного и определенного представлены в виде коэффициентов $\gamma_{К1}$ и $\gamma_{K_1'}$ по формулам 2-3:

$$\gamma_{К1} = \frac{K_1'}{K_1} \quad (2)$$

$$\gamma_{K_1'} = \frac{K_1'}{K_{1,i}'} \quad (3)$$

Как можно наблюдать из таблицы 1 был определен фактический коэффициент допускаемых повреждений равный 0,34, что близко к нормативному значению 0,35. При учете коррозионных повреждений арматуры и изменении жесткости колонн происходит увеличение коэффициента $\gamma_{K_1'}$, что указывает на рост повреждений и снижает фактическую сейсмостойкость. При сравнении фактического коэффициента допускаемых повреждений для неповрежденного каркаса к определенным в разных расчетных ситуациях снижение сейсмостойкости составляет от 3 до 12%.

По результатам расчетов можно сделать вывод о влиянии коррозионных повреждений рабочей продольной арматуры в железобетонных колоннах на сейсмостойкость рассматриваемого каркаса. Можно заметить, что период колебаний вследствие изменения жёсткости ослабленных вертикальных несущих конструкций увеличивается. При анализе определенного расчетным путем коэффициента прочности, применяемого для уточнения искомого коэффициента допускаемых повреждений, выявлен дефицит сейсмостойкости. Вследствие коррозионных повреждений арматуры в колоннах при различных рассматриваемых расчетных ситуациях уточненный коэффициент допускаемых повреждений возрастает.

Таким образом, при оценке сейсмостойкости зданий, подверженных коррозионным повреждениям арматуры в вертикальных элементах, следует выполнять оценку применяемого коэффициента допускаемых повреждений по предложенной блок-схеме (рис. 1), с учетом изменения расчетного поперечного сечения колонны (изменение геометрии бетонного сечения), уменьшения диаметра корродированной арматуры и снижения её прочностных и деформационных характеристик.

Выводы

1. По результатам исследований была предложена блок-схема для оценки фактического состояния сейсмостойкости железобетонных конструкций подверженных коррозионным повреждениям несущих конструкций.

2. По результатам расчетов и последующего анализа были выявлены такие изменения как увеличения периодов колебаний относительно базовой схемы, что свидетельствует о снижении жесткости каркаса и корректности полученных данных в сравнении с другими авторами.

3. Выявлено снижение сейсмостойкости до 12%, что серьезно снижает безопасность конструкции.

4. Данный подход к расчету имеет преимущество в виду простоты расчета без использования «тяжелых» и сложных программных комплексов и позволяет выполнить оценку изменения сейсмостойкости конструкции на основе нормативного подхода к расчету сейсмостойких конструкций.

Литература

1. Tamrazyan, A. Estimation of the Reduction Coefficient When Calculating the Seismic Resistance of a Reinforced Concrete Frame Building after a Fire / A. Tamrazyan, O. Kabantsev, T. Matseevich, V. Chernik // Buildings. – 2024. – Vol. 14, No. 8. – P. 2421.

2. Булушев, С.В. Сравнение результатов расчета сооружений на заданные акселлерограммы нелинейным статическим и нелинейным динамическим методами / С.В. Булушев // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2018. – № 5. – С. 369–378.

3. Достанова, С.Х. Проблемы теории и практики сейсмостойкости зданий и сооружений / С.Х. Достанова, К.Е. Токпанова, С.Г. Сахи // Евразийский Союз Ученых. – 2020. – № 11-7 (80). – С. 24–28.

4. Кабанцев, О.В. О методике определения коэффициента допускаемых повреждений сейсмостойких конструкций / О.В. Кабанцев, Э.С. Усеинов, Ш. Шарипов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 2 (55). – С. 142–152.

5. Мацеевич, Т.А. Оценка степени повреждения зданий при землетрясениях методом статистического моделирования / Т.А. Мацеевич, А.Г. Тамразян // Железобетонные конструкции. – 2024. – Т. 7, № 3. – С. 3–11.

6. Мкртычев, О.В. Оценка значения коэффициента допускаемых повреждений для рамно-связевого железобетонного каркаса при землетрясении / О.В. Мкртычев, М.И. Андреев // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 9. – С. 34–40.

7. Соснин, А.В. Детерминированная оценка дефицита сейсмостойкости железобетонных каркасов / А.В. Соснин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 52–59.

8. Соснин, А.В. К вопросу учёта диссипативных свойств многоэтажных железобетонных каркасных зданий массового строительства при оценке их сейсмостойкости / А.В. Соснин // Современная наука и инновации. – 2017. – № 1. – С. 114–131.

9. Тамразян, А.Г. Влияние коррозионных повреждений арматуры на динамическое состояние сжатых железобетонных конструкций / А.Г. Тамразян, М.В. Кудрявцев // Строительство и реконструкция. – 2025. – № 2. – С. 81–93.

10. Тамразян, А.Г. Экспериментальное исследование поведения коррозионно-поврежденных колонн при знакопеременном малоцикловом нагружении / А.Г. Тамразян, М.В. Кудрявцев // Системные технологии. – 2025. – № 1 (54). – С. 5–15.

11. Черник, В.И. Жесткость поврежденной пожаром железобетонной колонны при разгрузке после высокоинтенсивного горизонтального воздействия / В.И. Черник, А.Г. Тамразян // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 9. – С. 1369–1382.

12. Чернов, Ю.Т. Оценка сейсмических сил при измененных в процессе колебаний конструктивных схемах / Ю.Т. Чернов, Д. Кбейли // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2021. – Т. 17, № 4. – С. 391–403.

13. Юсупов, А.Р. Оценка сейсмостойкости и сейсмоустойчивости железобетонных каркасных зданий и сооружений методом предельного равновесия / А.Р. Юсупов // Экономика и социум. – 2022. – № 11-2 (102). – С. 670–676.

Assessment of the seismic resistance of reinforced concrete buildings with corrosion damage to reinforced columns

Kudryavtsev M.V., Inyushina K.P., Chendev F.Yu.
National Research Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the influence of corrosion damage to reinforcement in columns on the seismic resistance of reinforced concrete frame buildings. A flowchart is proposed for assessing the actual allowable damage coefficient K_1', which takes into account the reduction in the cross-sectional area of reinforcement, spalling of the concrete cover, and the decrease in the strength characteristics of steel. Calculations were performed for three design scenarios of corrosion defect locations in the columns of a five-story frame building. It was found that corrosion leads to an increase in the vibration period, a reduction in frame stiffness, and a decrease in seismic resistance by up to 12%. The proposed approach allows for assessment without the use of complex software packages, based on standard design methods. The results can be applied in the inspection and strengthening of buildings in seismically hazardous zones with aggressive environments.

Keywords: earthquake resistance, corrosion, column, compressed elements, aggressive environment, reinforced concrete.

References

1. Tamrazyan, A., Kabantsev, O., Matseevich, T., Chernik, V. Estimation of the Reduction Coefficient When Calculating the Seismic Resistance of a Reinforced Concrete Frame Building after a Fire // Buildings. 2024. Vol. 14. 2421.
2. Bulushev, S.V. Sravnenie rezul'tatov rascheta sooruzheniy na zadannye akselerogrammy nelineynym staticheskim i nelineynym dinamicheskim metodami // Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzheniy. 2018. No. 5. Pp. 369–378.
3. Dostanova, S.Kh., Tokpanova, K.E., Sakhi, S.G. Problemy teorii i praktiki seysmostoykosti zdaniy i sooruzheniy // Evraziyskiy Soyuz Uchenykh. 2020. No. 11-7 (80). Pp. 24–28.
4. Kabantsev, O.V., Useinov, E.S., Sharipov, Sh. O metodike opredeleniya koeffitsienta dopuskamykh povrezhdeniy seysmostoykikh konstruktsiy // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2016. No. 2 (55). Pp. 142–152.
5. Matseevich, T.A., Tamrazyan, A.G. Otsenka stepeni povrezhdeniya zdaniy pri zemletryaseniyakh metodom statisticheskogo modelirovaniya // Zhelezobetonnye konstruktsii. 2024. Vol. 7. No. 3. Pp. 3–11.
6. Mkrtychev, O.V., Andreev, M.I. Otsenka znacheniya koeffitsienta dopuskamykh povrezhdeniy dlya ramno-svyazevogo zhelezobetonnogo karkasa pri zemletryasenii // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2020. No. 9. Pp. 34–40.
7. Sosnin, A.V. Deterministicheskaya otsenka deficita seysmostoykosti zhelezobetonnykh karkasov // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2021. Vol. 21. No. 2. Pp. 52–59.
8. Sosnin, A.V. K voprosu ucheta dissipativnykh svoystv mnogoetazhnykh zhelezobetonnykh karkasnykh zdaniy massovogo stroitel'stva pri otsenke ikh seysmostoykosti // Sovremennaya nauka i innovatsii. 2017. No. 1. Pp. 114–131.
9. Tamrazyan, A.G., Kudryavtsev, M.V. Vliyanie korrozionnykh povrezhdeniy armatury na dinamicheskoe sostoyanie szhatykh zhelezobetonnykh konstruktsiy // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2025. No. 2. Pp. 81–93.
10. Tamrazyan, A.G., Kudryavtsev, M.V. Eksperimental'noe issledovanie povedeniya korrozionno-povrezhdennykh kolonn pri znakoperemennom malotsiklovom nagruzhenii // Sistemnye tekhnologii. 2025. No. 1 (54). Pp. 5–15.
11. Chernik, V.I., Tamrazyan, A.G. Zhestkost' povrezhdennoy pozharom zhelezobetonnoy kolonny pri razgruzke posle vysoko intensivnogo gorizontal'nogo vozdeystviya // Vestnik MGSU. 2023. Vol. 18. No. 9. Pp. 1369–1382.
12. Chernov, Yu.T., Kbeili, D. Otsenka seismicheskikh sil pri izmenennykh v protsesse kolebaniy konstruktivnykh skhemakh // Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzheniy. 2021. Vol. 17. No. 4. Pp. 391–403.
13. Yusupov, A.R. Otsenka seysmostoykosti i seysmoustoychivosti zhelezobetonnykh karkasnykh zdaniy i sooruzheniy metodom predel'nogo ravnovesiya // Ekonomika i sotsium. 2022. No. 11-2 (102). Pp. 670–676.

Ревитализация индустриального наследия как инструмент трансформации городской среды Калининграда

Городова Маргарита Николаевна
кандидат искусствоведения, старший преподаватель, кафедра архитектурного и промышленного дизайна, gorodova-mn@rudn.ru,

Лисицына Анна Кирилловна
студент, Российский университет дружбы народов, annalisina00@gmail.com,

Ершова Вероника Александровна
студент, Российский университет дружбы народов, Veronika081999@mail.ru

Исследование посвящено поиску эффективных стратегий адаптивного использования промышленной архитектуры Калининграда. Рассматривая индустриальные зоны не как пространственные барьеры, а как стратегический ресурс развития, в работе анализируется уникальное наслоение прусской и советской промышленной морфологии. В статье аргументируется преимущество смешанной модели ревитализации, способной удовлетворить запрос на качественные общественные пространства и поддержать туристический потенциал города. Предложен методический подход к рефункционализации, базирующийся на эстетическом диалоге исторических материалов с современными архитектурными решениями. Сформулированные принципы интеграции, соучастия и поэтапности направлены на преодоление изоляции депрессивных прибрежных территорий. Реализация данных подходов позволяет трансформировать промышленное наследие из обременения в ключевое конкурентное преимущество, формируя уникальную идентичность и обеспечивая долгосрочную устойчивость городской среды эксклавного региона.
Ключевые слова: Ревитализация, индустриальное наследие, Калининград, городская идентичность, адаптивное использование, промышленная архитектура, общественные пространства.

Современные города представляют собой сложную структуру, сформированную на разных исторических этапах. Каждый из них оставил свой след в их нынешней морфологии. Однако сегодня, когда индустриальный вектор развития сменился информационным и культурным, многие промышленные территории начали выбывать из активного городского оборота. Промышленные объекты стремительно утрачивают свою актуальность [1]. Бывшие заводы и склады сегодня выступают не катализаторами роста, а барьерами, которые фрагментируют городскую ткань порождая депрессивные зоны и снижая качество окружающей среды.

Большинство промышленных объектов занимают стратегически ценные территории – берега рек и каналов, линии железных дорог, исторические зоны. Их деградация означает не просто физическое обветшание отдельных строений, но и блокирование городского доступа к водным фронтам, разрыв пешеходных маршрутов, изоляцию целых кварталов от основных городских потоков. Такие территории ограничивают инвестиционную привлекательность окружения и препятствуют формированию связной и комфортной среды.

Традиционные подходы в виде сноса или консервации зачастую оказываются контрпродуктивными. Снос обеспечивает освобождение площадки, однако ведет к безвозвратной утрате историко-культурной идентичности и коллективной памяти, разрывая нить городского повествования и уничтожая архитектурные свидетельства конкретного этапа развития. Консервация, напротив, сохраняет объект физически, но фиксирует стагнацию. Законсервированное здание остается вне городской жизни, требует постоянных затрат на содержание и не приносит ни социальной, ни экономической отдачи [2]. В таких условиях ревитализация становится одной из наилучшей стратегией адаптации индустриального наследия к современным условиям и превращается в приоритетный инструмент городской политики.

Особую актуальность данная проблематика приобретает для городов, переживших острую постсоветскую деиндустриализацию. Среди них можно выделить Калининград – город основанный в 1255 году как тевтонский Кёнигсберг, на протяжении семи столетий развивался в контексте центральноевропейской урбанистической традиции – немецкой, прусской, потом германской. К 1930-м годам он сформировался как крупный индустриальный узел с развитой системой судоверфей, машиностроительных и пищевых предприятий, образовавших уникальную промышленную карту

После 1945 года советская плановая экономика наслоила на эту основу принципиально иные объекты: рыбоперерабатывающие предприятия, судоремонтные заводы, военно-промышленные объекты. Распад СССР повлёк за собой масштабную деиндустриализацию. Значительная часть предприятий прекратила работу, оставив после себя обширные деградирующие территории.

Переосмысление индустриальных зон Калининграда требует опоры на сложившуюся международную нормативную базу, которая диктует комплексный подход к сохранению подобных объектов. Согласно общепринятым международным стандартам в области промышленной археологии, подлинность объекта определяется не только его архитектурной оболочкой, но и материальными свидетельствами производственного цикла: сохранившимися механизмами, станками, инженерными коммуникациями и элементами внутреннего обустройства [3]. Показательным примером в контексте Калининграда является кузнечный цех бывшего вагоностроительного завода. Попытка его трансформации в музейно-образовательное пространство с сохранением предметов кузнечного ремесла стала важным этапом осмысления потенциала Правой набережной Калининграда. Несмотря на то, что проект не смог достичь долгосрочной экономической устойчивости и прекратил существование, он заложил концептуальный фундамент для современных стратегий рефункционализации Калининградских промышленных зон, доказав востребованность индустриальной эстетики в общественном создании.

Жизнеспособность современной городской среды определяется ее многообразием и многослойностью, а ключевым условием поддержания этого разнообразия является присутствие старых зданий. Именно в них, благодаря относительно низкой арендной плате, располагаются небольшие магазины, мастерские, нестандартные предприятия и начинающий бизнес. Таким образом, новые идеи можно воплощать в старых сооружениях [4]. Индустриальные здания, сохраненные в исторической городской застройке, обеспечивают именно тот тип пространств, которые порождает жизнеспособную смешанную среду.

Параллельно с этим, успех развития постиндустриального города напрямую взаимосвязан со способностью привлекать и удерживать представителей креативного сообщества – работников умственного и творческого труда. Для данной группы при выборе места жительства и деятельности решающее значение имеют качество и аутентичность городской среды, ее разнообразие и историческая глубина. Индустриальные объекты с их уникальными масштабами и неповторимой атмосферой нередко оказываются именно тем типом пространств, который наиболее привлекателен для творческих сообществ

Немаловажное значение для исследования имеют функциональные стратегии преобразования индустриальной среды, определяющие дальнейшее развитие территории. Среди них можно выделить культурно-ориентированную модель, которая предполагает трансформацию объектов в музеи, галереи и образовательные центры. Она наиболее эффективна для зданий с исключительным символическим капиталом, так как его ключевое преимущество заключается в формировании сильной территориальной идентичности и туристической привлекательности. Однако такая модель часто экономически неустойчива без государственных грантов или введения дополнительных коммерческих сервисов, таких как кафе и ритейл, компенсирующих расходы на содержание.

Альтернативой выступает коммерчески ориентированная модель, нацеленная на размещение офисов, торговых площадей или жилья. Она обеспечивает высокую инвестиционную привлекательность и стабильные арендные потоки, но одновременно связана с критическим риском утраты аутентичности. В случае, когда коммерческая логика становится превалирующей, историческое здание превращается лишь в оболочку для стандартных офисных функций, где связь с производственным прошлым полностью исчезает. Подобная трансформация является не только культурной потерей, но и стратегической ошибкой, поскольку именно подлинность объекта формирует его долгосрочную конкурентоспособность.

Наиболее удачной в долгосрочной перспективе считается смешанная модель, сочетающая культурные, общественные, коммерческие и нередко жилые функции в едином пространстве или на единой территории. В данной модели спад в одном секторе компенсируется активностью в другом. Кроме того, смешанная модель обеспечивает круглосуточную активность, что выступает ключевым условием ее безопасности и социальной привлекательности. Присутствие людей в разное время суток делает пространство по-настоящему живым и интегрированным в общую городскую ткань, превращая изолированный объект в активный элемент городской экосистемы.

Анализ пространственной структуры Калининграда позволяет выделить несколько типологически значимых зон индустриального наследия, требующих ревитализации и одновременно определяющих наиболее острые пространственные проблемы города [5].

Прибрежные территории реки Преголи занимают особое место в этой типологии. Промышленные объекты вдоль обоих берегов Преголи – рыбные порты, судоремонтные заводы, складские комплексы образуют протяжённый «промышленный пояс», перекрывающий горожанам доступ к главной водной артерии города. Преголя, которая могла бы стать осью общественной жизни и туристической привлекательности, сегодня во многих местах недоступна для пешеходов. Ревитализация прибрежных промышленных объектов с созданием общественных набережных, прогулочных маршрутов, видовых площадок способна кардинально изменить пространственное и рекреационное качество исторического ядра города.

Бывшие производственные корпуса прусской и довоенной постройки несут значительный историко-культурный потенциал. Характерная клинкерная архитектура, металлические конструктивные системы, объёмно-пространственные решения производственных зданий образуют уникальный архитектурный код, идентифицирующий Калининград как город с европейскими промышленными корнями. Их утрата была бы невосполнимой с точки зрения формирования городской идентичности. При этом именно их подлинность и фактура могут стать основой для создания привлекательных пространств, принципиально отличающихся от стандартных новых объектов.

Значительная часть промышленных территорий Калининграда расположена не на периферии, а в непосредственной близости от исторического центра и туристических маршрутов. Подобное территориальное расположение формирует парадоксальную ситуацию, при которой деградирующие зоны оказываются в местах, где они наиболее ощутимо ухудшают качество городской среды и наиболее заметны туристам. С другой стороны, именно близость к историческому ядру придает проектам ревитализации особую градостроительную значимость, позволяя им качественно преобразить облик центра города.

С учётом специфики городского контекста для Калининграда наиболее перспективной представляется смешанная модель ревитализации, предполагающая формирование многофункциональных пространств с акцентом на культурную, рекреационную и туристическую функции. Эта модель органично сочетается с туристическим потенциалом самого западного российского региона, обладающего богатым культурно-историческим наследием, и одновременно способна удовлетворить запрос местного сообщества на качественные общественные пространства.

При разработке конкретных проектов ревитализации в Калининграде представляется важным соблюдение ряда принципов. Принцип аутентичности требует максимального сохранения подлинных материальных элементов: клинкерной кладки, металлических конструкций, сводчатых перекрытий и технологического оборудования. Именно эти элементы являются носителями ценности и конкурентным преимуществом объекта. Их уничтожение или замена репликами необратимо обесценивают пространство. Введение новых современных материалов, например, кортеновской стали, стекла или бетона целесообразно реализовывать как выразительный диалог исторического и современного, а не как нейтральный фон. Принцип интеграции требует встраивания ревитализируемых объектов в пешеходную и велосипедную системы города, обеспечения их связи с существующими туристическими маршрутами и транспортными узлами. Изолированный объект, как бы качественно он ни был реализован, не способен обеспечить долгосрочного воздействия на городскую структуру. Принцип соучастия предполагает последовательное вовлечение местного сообщества, включая жителей, предпринимателей, культурных деятелей, в процесс выработки концепции и принятия решений. Это не только обеспечивает легитимность проектных решений, но и формирует эмоциональную привязанность к месту, которая является одним из главных условий устойчивости нового пространства. Принцип поэтапности предполагает возможность реализации проекта в несколько очередей: первая очередь, реализованная с минимальными затратами, тестирует концепцию и привлекает первых пользователей, а последующие очереди расширяют и усложняют функциональную программу.

Уникальность историко-культурного контекста Калининграда, включающая семивековую европейскую историю, многоязычие архитектурных слоёв, особый статус эксклавного города и балтийскую идентичность, может стать не обременением, а конкурентным преимуществом и основой для формирования образа, принципиально отличающегося от любого другого российского города. Именно эта уникальность делает калининградское индустриальное наследие особенно ценным ресурсом, поскольку оно несет в себе историю, которую нельзя ни сфабриковать, ни воспроизвести.

Литература

1. Толпинская Т.П., Алтземенева Е.В., Мамаева Ю.В. Основные направления реновационного процесса в преобразовании промышленных территорий под общественные пространства. // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019 – № 3 (29) – С. 52-63
2. Цепилова О. П. Анализ опыта повторной адаптации промышленной архитектуры // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2020 – № 12 – С. 74-90
3. Зайцева А. И., Брель О. А., Кайлер. Ф. Ю. Анализ опыта сохранения и редевелопмента объектов индустриального наследия // Общество. Среда. Развитие. – 2018 – № 4 – С. 77-82
4. Джекобс Д. Смерть и жизнь больших американских городов. – М.: Новое издательство, 2011. – 460 с.
5. Змеев Г. И. Анализ состояния застройки промышленных территорий города Калининград // Инновационная наука. – 2025. – № 7-1 – С. 90-92

Revitalization of Industrial Heritage as a Tool for Transforming the Urban Environment of Kaliningrad

Gorodova M.N., Lisitsyna A.K., Ershova V.A.
Peoples' Friendship University of Russia

JEL classification: L61, L74, R53

This study explores effective strategies for the adaptive use of Kaliningrad's industrial architecture. Viewing industrial zones not as spatial barriers, but as a strategic development resource, the paper analyzes the unique interplay of Prussian and Soviet industrial morphology. The article argues for the advantages of a mixed revitalization model capable of satisfying the demand for high-quality public spaces and supporting the city's tourism potential. A methodological approach to refunctionalization is proposed, based on an aesthetic dialogue between historical materials and contemporary architectural solutions. The formulated principles of integration, participation, and gradualism are aimed at overcoming the isolation of depressed coastal areas. Implementing these approaches allows for the transformation of industrial heritage from a burden into a key competitive advantage, shaping a unique identity and ensuring the long-term sustainability of the urban environment of the exclave region.

Keywords: Revitalization, industrial heritage, Kaliningrad, urban identity, adaptive use, industrial architecture, public spaces.

References

1. Tolpinskaya T.P., Altzemeneva E.V., Mamaeva Yu.V. The main directions of the renovation process in transforming industrial areas into public spaces. // Engineering and construction bulletin of the Caspian region. – 2019 – No. 3 (29) – P. 52-63
2. Tsepilova O. P. Analysis of the experience of repeated adaptation of industrial architecture // Bulletin of BSTU im. V. G. Shukhova. – 2020 – No. 12 – P. 74-90
3. Zaitseva A.I., Brel O.A., Kailer. F. Yu. Analysis of the experience of preservation and redevelopment of industrial heritage sites // Society. Wednesday. Development. – 2018 – No. 4 – P. 77-82
4. Jacobs D. Death and life of large American cities. – M.: New publishing house, 2011. – 460 p.
5. Zmeev G.I. Analysis of the state of development of industrial territories of the city of Kaliningrad // Innovative science. – 2025. – No. 7-1 – P. 90-92

Архитектурный подход к визуализации данных в цифровых двойниках городской среды

Лютенко Илья Валерьевич
магистрант, кафедра информационных технологий, Финансовый университета при Правительстве РФ, ilia02080@yandex.ru,

Сукин Иван Андреевич
к.т.н., доцент, кафедра информационных технологий, Финансовый университета при Правительстве РФ, iasukin@fa.ru

В статье рассматриваются архитектурные принципы построения модуля визуализации данных в составе цифрового двойника городской среды. Актуальность задачи обусловлена ростом объёмов и разнообразия пространственных данных, а также необходимостью их интерактивного представления в двухмерных и трёхмерных форматах. Проведён анализ клиентских, серверных и гибридных подходов к визуализации пространственных данных. Предложен контурный вариант гибридной архитектуры модуля визуализации, основанный на выделении данного модуля в качестве самостоятельного компонента цифрового двойника и его декомпозиции на вычислительный контур визуализации, пользовательский контур взаимодействия и контур управления пользовательскими сессиями. Представлена архитектурная схема, отражающая взаимодействие контуров и интеграцию с внешними источниками данных.

Ключевые слова: цифровой двойник города, визуализация данных, пространственные данные, 3D-визуализация, архитектура информационной системы, модульная архитектура, пользовательская сессия, веб-интерфейс.

Введение

В последние годы концепция цифровых двойников получила распространение в задачах управления и анализа сложных территориальных систем, в том числе городской среды [1, 2]. Цифровые двойники городов предназначены для интеграции пространственных данных, метаданных и результатов аналитической обработки информации. В составе таких систем визуализация данных выступает не только средством отображения информации, но и архитектурным компонентом, обеспечивающим доступ пользователей к результатам анализа и поддержку принятия решений.

Актуальность задачи визуализации обусловлена ростом объёмов и разнообразия пространственных данных, используемых в городских информационных системах. К таким данным относятся фотограмметрические модели, векторные и растровые геоданные, трёхмерные модели объектов городской инфраструктуры и связанные с ними атрибутивные данные [5, 10]. Это требует архитектурных решений, обеспечивающих интерактивное представление данных в двухмерном и трёхмерном форматах [5, 10].

Целью исследования является разработка архитектурного подхода к построению модуля визуализации данных в составе цифрового двойника городской среды. Предлагаемый подход рассматривается как контурный вариант гибридной архитектуры модуля визуализации, при котором функции обработки пространственных данных, пользовательского взаимодействия и управления пользовательскими сессиями разделяются между логически обособленными контурами [3, 7].

1. Требования к модулю визуализации данных в цифровых двойниках городской среды

При проектировании модуля визуализации данных для цифрового двойника городской среды необходимо учитывать особенности пространственных данных и специфику функционирования городских информационных систем [9, 10]. К ключевым требованиям относится поддержка разнородных данных, включая векторные и растровые геоданные, трёхмерные модели объектов городской инфраструктуры, фотограмметрические модели и связанные с ними атрибутивные данные [4, 5, 10].

Модуль визуализации должен обеспечивать совместное отображение данных различных типов, интерактивное взаимодействие пользователя с цифровой моделью территории, а также поддержку двухмерных и трёхмерных форматов представления. Пользователь должен иметь возможность осуществлять навигацию по модели, изменять масштаб отображения, выбирать объекты и получать сведения об их характеристиках [14].

Дополнительными требованиями являются масштабируемость и устойчивость работы системы в условиях многопользовательского доступа. Это предполагает эффективное распределение вычислительных ресурсов, управление пользовательскими сессиями и согласование состояния визуализации между компонентами системы. Указанные требования проявляются в сценариях визуального анализа городской инфраструктуры, мониторинга, планирования развития территории и поддержки управленческих решений [6].

2. Анализ подходов к визуализации данных в цифровых двойниках городской среды

В цифровых двойниках городской среды визуализация данных является неотъемлемой частью архитектуры информационной системы и может реализовываться с использованием различных архитектурных подходов. Выбор подхода к визуализации определяется объёмами и типами обрабатываемых пространственных данных, требованиями к интерактивности, а также условиями эксплуатации системы и характеристиками пользовательских устройств [11, 12, 14]. Одним из распространённых подходов является клиентская визуализация данных, при которой основная обработка и отображение пространственной информации выполняются на стороне пользовательского устройства. В данном случае серверная часть системы обеспечивает хранение и передачу данных, а визуализация осуществляется средствами клиентского программного обеспечения. Преимуществами данного подхода являются относительная простота архитектуры и снижение нагрузки на серверную инфраструктуру. Вместе с тем клиентская визуализация накладывает ограничения на объём обрабатываемых данных и уровень детализации визуального

представления, а также существенно зависит от вычислительных возможностей пользовательских устройств. Альтернативным подходом является серверная визуализация данных, при которой вычислительная обработка и формирование визуального представления выполняются на серверной стороне. Пользователь получает результат визуализации в виде потока визуальных данных или подготовленного изображения. Такой подход позволяет использовать высокодетализированные трёхмерные модели и сложные визуализационные алгоритмы независимо от характеристик клиентских устройств. Однако серверная визуализация требует более сложной архитектурной организации, включающей механизмы управления пользовательскими сессиями, распределения вычислительных ресурсов и обеспечения устойчивой работы при одновременном подключении множества пользователей.

В практике построения цифровых двойников городской среды также применяются гибридные подходы, сочетающие элементы клиентской и серверной визуализации. В рамках таких решений часть функций визуализации и обработки данных может быть перенесена на сторону клиента, в то время как ресурсоёмкие вычисления выполняются на сервере. Гибридные подходы позволяют повысить гибкость архитектуры и адаптировать систему к различным сценариям использования, однако усложняют управление состоянием визуализации и согласованность данных между компонентами системы. Сравнительная характеристика архитектурных подходов к визуализации данных приведена в таблице 1 [13].

Таблица 1
Сравнительная характеристика архитектурных подходов к визуализации

Архитектурный подход	Место выполнения визуализации	Требования к клиентскому устройству	Характер масштабирования	Особенности применения
Клиентская визуализация	Клиентское устройство	Высокие: требуется локальная обработка пространственных данных и 3D-графики	Ограничено вычислительными возможностями клиентских устройств	Зависимость от аппаратных характеристик клиента
Серверная визуализация	Серверная инфраструктура	Низкие: клиент отображает готовый визуальный результат	Определяется масштабированием серверной инфраструктуры	Централизованное управление вычислительными ресурсами
Гибридная визуализация	Клиент и сервер	Средние: часть обработки выполняется на клиенте	Комбинированное масштабирование за счёт клиента и сервера	Баланс нагрузки между компонентами системы

Проведённый анализ показывает, что традиционные клиентские, серверные и гибридные подходы к визуализации пространственных данных реализуют функции визуализации как часть других компонентов системы (клиентского приложения или серверной инфраструктуры), что приводит к ряду ограничений. В частности, в клиентских решениях наблюдается зависимость от вычислительных ресурсов пользовательского устройства и ограниченная поддержка высокодетализированных трёхмерных моделей, в серверных — высокая нагрузка на вычислительную инфраструктуру и необходимость сложного управления пользовательскими сессиями, а в гибридных — усложнение согласования состояния между компонентами системы.

Общим для указанных подходов является отсутствие архитектурного выделения функций визуализации в виде самостоятельного компонента, что приводит к их тесной связанности с другими элементами системы. Это затрудняет масштабирование вычислительных и пользовательских компонентов, усложняет управление пользовательскими сессиями и ограничивает гибкость интеграции разнородных пространственных данных.

Таким образом, выявленные ограничения обусловлены архитектурной организацией рассматриваемых подходов, что обосновывает целесообразность выделения модуля визуализации данных в качестве самостоятельного компонента цифрового двойника городской среды.

Для дополнительной оценки предложенного архитектурного подхода проведено сравнительное сопоставление с существующими подходами к визуализации пространственных данных по ряду ключевых критериев, включая модульность, масштабируемость, поддержку разнородных данных и управление пользовательскими сессиями.

Выявленные ограничения позволяют рассматривать предлагаемый подход как контурный вариант гибридной архитектуры модуля визуализации данных. Его отличие состоит не в отказе от гибридной логики, а в выделении модуля визуализации как самостоятельного компонента цифрового двойника и формализации его внутренней структуры через вычислительный контур визуализации, пользовательский контур взаимодействия и контур управления пользовательскими сессиями.

Таблица 2
Сравнительная оценка архитектурных подходов к визуализации данных

Критерий	Клиентская визуализация	Серверная визуализация	Гибридная визуализация	Контурный вариант гибридной архитектуры
Модульность	Низкая, визуализация тесно связана с клиентским приложением	Средняя, разделение ограничено серверной логикой	Средняя	Высокая, за счёт логического разделения архитектурных контуров и использования интерфейсов взаимодействия
Масштабируемость	Ограничена ресурсами клиентского устройства	Высокая, за счёт серверной инфраструктуры	Средняя	Высокая, обеспечивается возможностью раздельного масштабирования компонентов
Поддержка разнородных данных	Ограниченная, зависит от возможностей клиента	Высокая	Высокая	Высокая, обеспечивается специализированным вычислительным контуром
Поддержка 2D/3D	Ограниченная	Высокая	Высокая	Высокая, в рамках единого архитектурного подхода
Управление пользовательскими сессиями	Как правило, не выделено отдельно	Реализуется на серверной стороне	Зависит от реализации	Выделено в отдельный контур
Гибкость интеграции	Ограниченная	Средняя	Средняя	Высокая, за счёт модульной структуры

3. Современные подходы к визуализации, анализу и прогнозированию в цифровых двойниках городской среды

В современных исследованиях цифровых двойников городской среды наблюдается переход к процедурным и воспроизводимым подходам формирования визуальных моделей. Они позволяют автоматизировать генерацию цифровых моделей, актуализировать их по мере поступления новых данных и объединять разнородные источники пространственной информации, включая геоинформационные данные, контуры зданий, дорожные сети, данные дистанционного зондирования и облака точек LiDAR [18].

Одновременно цифровые двойники развиваются в направлении интегрированных платформ, синхронизированных с физической городской средой и дополняемых потоками данных в реальном времени [19]. В таких системах визуализация используется не только для отображения геометрии объектов, но и для представления результатов аналитических и имитационных расчётов, сценарного анализа и прогнозирования состояния городской территории [18, 20].

Развитие указанных подходов требует обеспечения качества и согласованности данных, интероперабельности, синхронизации разнородной информации и достаточных вычислительных ресурсов [19, 20]. Поэтому визуализация, аналитика и прогнозирование должны рассматриваться как взаимосвязанные процессы, требующие согласованного архитектурного решения.

4. Архитектурный подход к визуализации данных в цифровых двойниках городской среды

При проектировании цифровых двойников городской среды модуль визуализации данных целесообразно рассматривать как самостоятельный архитектурный элемент, обеспечивающий формирование визуального представления пространственных данных и взаимодействие пользователя с цифровой моделью территории. Такой подход позволяет отделить задачи визуализации от хранения, аналитической обработки и управления данными, что соответствует принципам модульной архитектуры информационных систем.

Предлагаемый архитектурный подход основан на разделении функциональности модуля визуализации данных на три логических контура. Вычислительный контур визуализации отвечает за обработку пространственных данных, формирование сцен и подготовку визуального представления в двухмерном и трёхмерном форматах [8, 15]. Пользовательский контур взаимодействия обеспечивает приём пользовательских команд, навигацию по визуальному представлению, управление параметрами отображения и получение результатов визуализации [10, 14]. Контур управления пользовательскими сессиями предназначен для учёта со-

стояния пользовательских подключений, управления доступом к визуализационным ресурсам и согласования параметров визуализации при одновременной работе нескольких пользователей [16, 17]. Функциональное распределение архитектурных контуров модуля визуализации данных приведено в таблице 3.

Таблица 3
Архитектурные контуры модуля визуализации данных и их функции

Архитектурный контур	Основные функции	Обрабатываемые данные	Роль в системе
Вычислительный контур визуализации	Формирование визуального представления, обработка пространственных данных	Пространственные данные, параметры визуализации	Обеспечение 2D/3D-визуализации
Пользовательский контур взаимодействия	Приём пользовательских команд, навигация, управление отображением	Пользовательские запросы, управляющие события	Организация взаимодействия пользователя с визуальной моделью
Контур управления пользовательскими сессиями	Управление состоянием сессий, параметрами окружения	Данные о пользовательских сессиях и состоянии системы	Обеспечение устойчивости и масштабируемости

Таким образом, архитектурный подход к визуализации данных в цифровых двойниках городской среды предполагает выделение модуля визуализации данных в качестве самостоятельного компонента системы и формализацию его внутренней структуры через разделение вычислительного контура визуализации, пользовательского контура взаимодействия и контура управления пользовательскими сессиями. Это создаёт основу для последующей архитектурной реализации модуля и его интеграции в состав цифрового двойника города.

5. Архитектурная реализация и взаимодействие контуров модуля визуализации данных

Для детализации предложенного архитектурного подхода рассмотрена архитектура модуля визуализации данных, представленная на рисунке 1. Схема отражает техническое распределение компонентов внутри трёх контуров модуля, а также их взаимодействие с пользователем и внешними источниками пространственных данных.

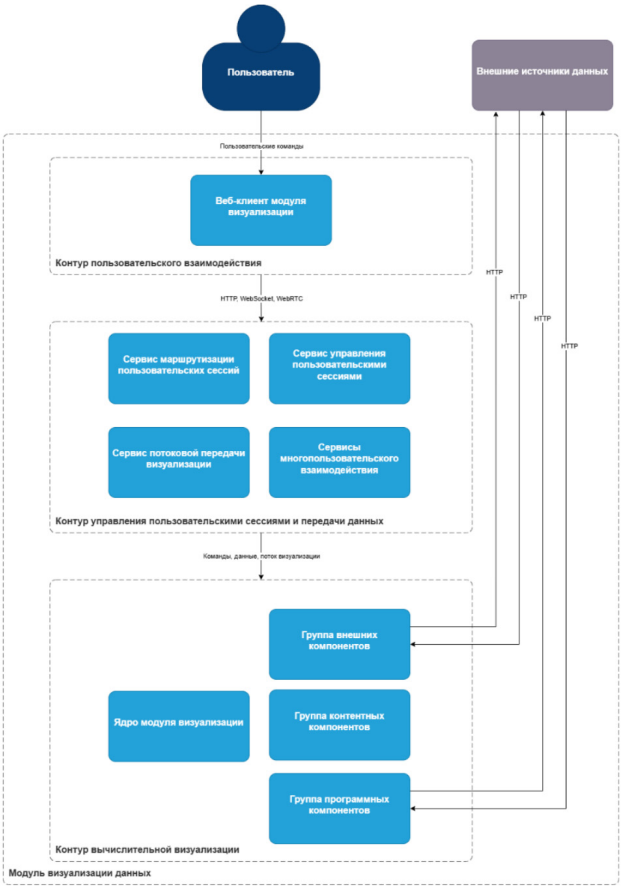


Рисунок 1. Архитектура модуля визуализации данных и взаимодействие его контуров

Пользовательское взаимодействие реализуется через веб-клиент модуля визуализации, принимающий команды пользователя и отображающий результаты визуализации. Контур управления пользовательскими сессиями обеспечивает маршрутизацию запросов, управление состоянием сессий, потоковую передачу визуализации и поддержку многопользовательского взаимодействия. Контур вычислительной визуализации объединяет ядро модуля и группы компонентов, отвечающие за обработку пространственных данных, формирование визуального представления и интеграцию с внешними источниками данных.

Взаимодействие между контурами осуществляется посредством передачи пользовательских команд, параметров сессий, данных и результатов визуализации. Такое построение обеспечивает разделение функциональной ответственности компонентов, поддержку многопользовательского доступа и возможность интеграции модуля визуализации в архитектуру цифрового двойника городской среды.

6. Ограничения и перспективы развития контурного варианта гибридной архитектуры

Практическая реализация предложенного архитектурного подхода связана с рядом ограничений. К ним относятся высокая вычислительная сложность обработки трёхмерных пространственных данных, зависимость качества визуализации от характеристик вычислительной инфраструктуры, а также необходимость адаптации модуля к различным пользовательским устройствам. Формирование интерактивных визуальных сцен на основе детализированных моделей городской среды требует применения эффективных алгоритмов обработки графики, оптимизации визуализации и управления вычислительными ресурсами [13].

Перспективы развития предложенного подхода связаны с интеграцией модуля визуализации с системами потоковой обработки данных, использованием облачной и распределённой вычислительной инфраструктуры, а также применением технологий виртуальной и дополненной реальности [14]. Это позволит расширить возможности интерактивного анализа пространственных данных и повысить наглядность представления объектов городской среды. В дальнейшем предложенный подход может использоваться как архитектурная основа для развития модулей визуализации в составе цифровых двойников городов.

Заключение

В работе обоснован архитектурный подход к построению гибридного модуля визуализации данных в составе цифрового двойника городской среды. Показано, что клиентские, серверные и гибридные подходы к визуализации пространственных данных имеют ограничения, связанные с недостаточной модульностью, масштабируемостью, поддержкой разнородных данных и управлением пользовательскими сессиями [11, 12, 14]. Предложенный контурный вариант гибридной архитектуры основан на выделении модуля визуализации как самостоятельного компонента цифрового двойника и его декомпозиции на вычислительный контур визуализации, пользовательский контур взаимодействия и контур управления пользовательскими сессиями.

Предложенная архитектурная структура позволяет разделить функции обработки пространственных данных, формирования визуального представления и организации пользовательского взаимодействия. Это обеспечивает возможность поддержки двухмерной и трёхмерной визуализации, работы с разнородными пространственными данными, многопользовательского доступа и интеграции с внешними источниками данных. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании модулей визуализации цифровых двойников городов и территориальных информационных систем.

Литература

1. Царев М. В., Андреев Ю. С. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 7. С. 517– 531.
2. Развитие концепции цифровых двойников / А. Ю. Анисимов, А. Н. Алексахин, С. А. Алексахина, Н. А. Бородина // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 12. – С. 8171-8186. – DOI 10.18334/epp.14.12.122197.
3. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения.
4. ГОСТ Р 57700.22–2020. Компьютерные модели и моделирование. Классификация.
5. ГОСТ Р 52438–2005. Географические информационные системы. Термины и определения.
6. Об автоматизированной информационной системе «Цифровой двойник»: постановление Правительства Москвы от 29 декабря 2022 г. № 3048-ПП // Официальный сайт Мэра и Правительства Москвы.

7. Боровков А. И., Рябов Ю. А. Цифровые двойники: определение, подходы и методы разработки // Цифровая трансформация экономики и промышленности : сб. тр. науч.-практ. конф. с зарубежным участием, 20–22 июня 2019 г. – СПб. : Политех-Пресс, 2019. – С. 234–245. – DOI: 10.18720/IEP/2019.3/25.

8. Петров А. В. Имитация как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – № 10 (141). – С. 56–66. – DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66.

9. Методические рекомендации по построению цифровых моделей территорий.

10. Лебедев С. В. Пространственное ГИС-моделирование геоэкологических объектов в ArcGIS : учебник / С. В. Лебедев, Е. М. Нестеров ; Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург : Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена (РГПУ), 2018. – 280 с.

11. Васильева Е. Компоненты Индустрии 4.0: Цифровые двойники // Автоматизация проектирования. – 2019. – № 3. – С. 22–38.

12. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems // Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems / F. J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves (eds.). Cham : Springer, 2017. P. 85–113.).

13. Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A. Y. Digital twin in industry: State-of-the- art // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2019. Vol. 15, No. 4.P. 2405– 2415. DOI: 10.1109/TII.2018.2873186 (дата обращения: 22.12.2025).

14. Schroeder G., Steinmetz C., Pereira C. E., Espindola D. B. Visualising the digital twin using web services and augmented reality // Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN). Poitiers, France, 2016. P. 522–527. DOI: 10.1109/INDIN.2016.7819217 (дата обращения: 25.12.2025).

15. Schroeder G., Steinmetz C., Pereira C. E., Espindola D. B. Digital twin data modeling with automation ML and a communication methodology for data exchange // IFAC PapersOnLine. 2016. Vol. 49, No. 30. P. 12–17.

16. Haag S., Anderl R. Digital twin – proof of concept // Manufacturing Letters. 2018. Vol. 15. P. 64–66.

17. Rosen R., Wichert G. V., Lo G., Bettenhausen K. D. About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing // IFAC PapersOnLine. 2015. Vol. 48, No. 3. P. 567–572. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.141.

18. Somanath, S.; Naserentin, V.; Eleftheriou, O.; Sjölie, D.; Wästberg, B.S.; Logg, A. Towards Urban Digital Twins: A Workflow for Procedural Visualization Using Geospatial Data. Remote Sens. 2024, 16, 1939.

19. Boccardo, P.; La Riccia, L.; Yadav, Y. Urban Echoes: Exploring the Dynamic Realities of Cities through Digital Twins. Land 2024, 13, 635.

20. Gkontzis, A.F.; Kotsiantis, S.; Feretzakis, G.; Verykios, V.S. Enhancing Urban Resilience: Smart City Data Analyses, Forecasts, and Digital Twin Techniques at the Neighborhood Level. Future Internet 2024, 16, 47.

An Architectural Approach to Data Visualization in Digital Twins of the Urban Environment

Lyutenko I.V., Sukin I.A.
Financial University under the Government of the Russian Federation

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the architectural principles of designing a data visualization module as part of an urban digital twin. The relevance of the task is determined by the growing volume and diversity of spatial data, as well as by the need for their interactive representation in two-dimensional and three-dimensional formats. The article analyzes client-side, server-side, and hybrid approaches to spatial data visualization. A contour-based variant of the hybrid architecture of the visualization module is proposed. This approach is based on defining the module as an independent component of the digital twin and decomposing it into a computational visualization contour, a user interaction contour, and a user session management contour. An architectural scheme is presented, reflecting the interaction between the contours and integration with external data sources.

Keywords and phrases: urban digital twin, data visualization, spatial data, 3D visualization, information system architecture, modular architecture, user session, web interface.

References

1. Tsarev, M. V., Andreev, Yu. S. Digital Twins in Industry: Development History, Classification, Technologies, and Use Cases // News of Universities. Instrument-Making. 2021. Vol. 64, No. 7, pp. 517–531.
2. Development of the Digital Twin Concept / A. Yu. Anisimov, A. N. Aleksakhin, S. A. Aleksakhina, N. A. Borodina // Economics, Entrepreneurship, and Law. – 2024. – Vol. 14, No. 12. – pp. 8171–8186. – DOI 10.18334/epp.14.12.122197.
3. GOST R 57700.37–2021. Computer Models and Modeling. Digital Twins of Products. General Provisions.
4. GOST R 57700.22–2020. Computer Models and Modeling. Classification.
5. GOST R 52438–2005. Geographic Information Systems. Terms and Definitions.
6. On the Automated Information System "Digital Twin": Resolution of the Moscow Government of December 29, 2022 No. 3048-PP // Official Website of the Mayor and the Government of Moscow.
7. Borovkov A. I., Ryabov Yu. A. Digital Twins: Definition, Approaches, and Development Methods // Digital Transformation of the Economy and Industry: Coll. Proceedings of the Scientific and Practical Conf. with Foreign Participation, June 20–22, 2019. – St. Petersburg: Politech-Press, 2019. – pp. 234–245. – DOI: 10.18720/IEP/2019.3/25.
8. Petrov A. V. Imitation as a Basis for Digital Twin Technology // Bulletin of Irkutsk State Technical University. – 2018. – No. 10 (141). – Pp. 56–66. – DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66.
9. Methodological Recommendations for Constructing Digital Models of Territories.
10. Lebedev S. V. Spatial GIS Modeling of Geoecological Objects in ArcGIS: Textbook / S. V. Lebedev, E. M. Nesterov; A. I. Herzen State Pedagogical University of Russia. – Saint Petersburg: A. I. Herzen State Pedagogical University of Russia. A. I. Gertsena (RSPU), 2018. – 280 p.
11. Vasilyeva E. Components of Industry 4.0: Digital Twins // Design Automation. – 2019. – No. 3. – Pp. 22–38.
12. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems // Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems / F. J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves (eds.). Cham : Springer, 2017. Pp. 85–113.).
13. Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A. Y. Digital twin in industry: State-of-the-art // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2019. Vol. 15, No. 4.P. 2405– 2415. DOI: 10.1109/TII.2018.2873186 (access date: 12/22/2025).
14. Schroeder G., Steinmetz C., Pereira C. E., Espindola D. B. Visualizing the digital twin using web services and augmented reality // Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN). Poitiers, France, 2016, pp. 522–527. DOI: 10.1109/INDIN.2016.7819217 (access date: 12/25/2025).
15. Schroeder G., Steinmetz C., Pereira C. E., Espindola D. B. Digital twin data modeling with automation ML and a communication methodology for data exchange // IFAC PapersOnLine. 2016. Vol. 49, No. 30. P. 12–17.
16. Haag S., Anderl R. Digital twin – proof of concept // Manufacturing Letters. 2018. Vol. 15. P. 64–66.
17. Rosen R., Wichert G. V., Lo G., Bettenhausen K. D. About the im-portance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing // IFAC PapersOnLine. 2015. Vol. 48, No. 3. P. 567–572. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.141.
18. Somanath, S.; Naserentin, V.; Eleftheriou, O.; Sjolie, D.; Wästberg, B.S.; Logg, A. Towards Urban Digital Twins: A Workflow for Proceedings Visualization Using Geospatial Data. Remote Sens. 2024, 16, 1939.
19. Boccardo, P.; La Riccia, L.; Yadav, Y. Urban Echoes: Exploring the Dynamic Realities of Cities through Digital Twins. Land 2024, 13, 635.
20. Gkontzis, A.F.; Kotsiantis, S.; Feretzakis, G.; Verykios, V.S. Enhancing Urban Resilience: Smart City Data Analyzes, Forecasts, and Digi-tal Twin Techniques at the Neighborhood Level. Future Internet 2024, 16, 47.

Оптимизация логистических потоков предприятия методами системного анализа и средствами Python

Майоров Евгений Евгеньевич
канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), majorov_ee@mail.ru

В статье рассматривается задача оптимизации логистических потоков предприятия с применением методов системного анализа и средств языка Python. Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения транспортных издержек, повышения эффективности распределения ресурсов и совершенствования процессов управления логистической системой в условиях ограниченности запасов и потребностей. В работе логистическая система предприятия представлена как совокупность взаимосвязанных элементов, включающих поставщиков, потребителей, транспортные маршруты и параметры затрат. В качестве математической основы исследования рассмотрена транспортная задача, позволяющая определить оптимальный план перевозок при соблюдении заданных ограничений. Также показана возможность практической реализации модели средствами Python с использованием инструментов линейного программирования.
Ключевые слова: системный анализ, логистические потоки, логистическая система предприятия, оптимизация, транспортная задача, линейное программирование, Python, распределение ресурсов, математическое моделирование, транспортные затраты.

Введение

В современных условиях эффективность предприятия во многом определяется качеством организации логистических процессов. Своевременность поставок, рациональное распределение ресурсов и снижение транспортных затрат напрямую влияют на финансовые результаты и конкурентоспособность организации. Поэтому оптимизация логистических потоков является важной научной и практической задачей [1].

Логистическая система предприятия включает поставщиков, склады, транспорт, маршруты, пункты потребления и механизмы управления. Эти элементы образуют единую систему, в которой изменение одного параметра влияет на состояние всей структуры. Нерациональное распределение грузопотоков может привести к росту затрат, нарушению сроков поставок и снижению качества обслуживания. В связи с этим анализ логистических процессов требует системного подхода, учитывающего структуру объекта, связи между его элементами, ограничения и критерии эффективности [2].

Одним из наиболее распространённых инструментов оптимизации в логистике является транспортная задача — частный случай линейного программирования. Она позволяет определить оптимальный план перевозок от поставщиков к потребителям при заданных объёмах предложения, спроса и стоимости перевозки. Решение задачи обеспечивает выполнение всех ограничений при минимуме транспортных затрат [1, 2]. Практическая реализация подобных моделей сегодня тесно связана с программными средствами. Одним из наиболее удобных инструментов является Python, который широко используется для математического моделирования, анализа данных и оптимизации. Его применение позволяет автоматизировать расчёты, анализировать различные сценарии и быстро получать решения для логистических задач [3].

Объектом исследования является логистическая система предприятия, предметом — методы системного анализа и программной оптимизации логистических процессов. Цель работы состоит в исследовании возможностей оптимизации логистических потоков предприятия на основе системного подхода и реализации транспортной задачи средствами Python.

Постановка задачи

Применить Python для оптимизации логистических потоков предприятия в условиях необходимости рационального распределения ресурсов между поставщиками и потребителями.

Транспортная задача – инструмент совершенствования логистических процессов

Одной из базовых моделей, используемых для исследования и совершенствования логистических процессов, является транспортная задача. Она относится к классу задач линейного программирования и предназначена для определения оптимального плана перевозок продукции от нескольких поставщиков к нескольким потребителям. Основная цель решения транспортной задачи заключается в нахождении такого распределения грузопотоков, при котором удовлетворяются потребности всех пунктов назначения, не превышаются запасы поставщиков и одновременно минимизируются суммарные транспортные затраты [4].

С практической точки зрения транспортная задача возникает во многих сферах хозяйственной деятельности. Она может использоваться при распределении готовой продукции со складов по торговым точкам, при планировании поставок сырья на производственные площадки, при организации межскладских перемещений, а также при выборе наиболее рациональной схемы доставки товаров в рамках логистической сети предприятия. Универсальность данной модели делает ее особенно ценной для прикладного анализа, поскольку она позволяет формализовать реальную управленческую проблему и представить ее в виде системы количественных зависимостей [5].

С математической точки зрения транспортная задача предполагает наличие m поставщиков и n потребителей. Для каждого поставщика известен объем имеющегося запаса a_i, а для каждого потребителя — объем потребности b_j. Кроме того, задается стоимость перевозки единицы продукции от поставщика i к потребителю j, которая обозначается как c_{ij}. Необходимо определить объем перевозки x_{ij} по каждому маршруту так, чтобы суммарные транспортные расходы были минимальными.

Целевая функция транспортной задачи имеет следующий вид:

$$F = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \rightarrow min$$

При ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Экономический смысл данной модели состоит в том, что вся продукция, имеющаяся у поставщиков, должна быть распределена между потребителями, а все потребности должны быть полностью удовлетворены. При этом каждая переменная x_{ij} показывает, какое количество груза следует отправить от конкретного поставщика к конкретному потребителю.

Важным условием классической транспортной задачи является равенство суммарного предложения и суммарного спроса:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j$$

Если это условие выполняется, задача называется закрытой. Если же общий объем запасов не равен общему объему потребностей, задача является открытой. В этом случае для приведения модели к стандартному виду вводят фиктивного поставщика или фиктивного потребителя. Такой прием позволяет сохранить математическую корректность постановки и применять стандартные методы решения [6].

Для наглядности рассмотрим пример исходных данных транспортной задачи. Пусть предприятие имеет три склада, с которых необходимо доставить продукцию в четыре пункта потребления. Объемы запасов и потребностей заданы следующим образом. В таблице 1 приведены условия задачи.

Таблица 1
Условие задачи

Поставщики/ Потребители	П1	П2	П3	П4	Запасы
Склад 1	4	6	8	5	70
Склад 2	7	3	5	9	90
Склад 3	6	8	4	7	60
Потребности	40	50	80	50	220

В данной таблице по строкам представлены поставщики, по столбцам — потребители, а внутри таблицы указаны затраты на перевозку единицы продукции по соответствующему маршруту. Сумма запасов составляет 70 + 90 + 60 = 220, а сумма потребностей — 40 + 50 + 80 + 50 = 220. Следовательно, задача является закрытой и может быть решена без введения фиктивных элементов.

Решение транспортной задачи обычно включает два этапа. На первом этапе строится опорный план, то есть допустимое решение, удовлетворяющее всем ограничениям. На втором этапе выполняется его оптимизация, целью которой является снижение суммарных затрат до минимально возможного уровня.

К числу наиболее известных методов построения начального опорного плана относятся:

- метод северо-западного угла;
- метод минимального элемента;
- метод Фогеля.

Метод северо-западного угла является самым простым. Заполнение таблицы начинается с верхней левой клетки, после чего в нее заносится максимально возможный объем поставки с учетом ограничений по запасу и потребности. Затем переходят к следующей клетке по строке или столбцу в зависимости от того, что исчерпано — запас или потребность. Преимущество метода состоит в простоте, однако получаемый план далеко не всегда оказывается близким к оптимальному [6].

Метод минимального элемента предполагает, что на каждом шаге выбирается клетка с наименьшей стоимостью перевозки, после чего в нее помещается максимально возможный объем поставки. Такой подход чаще дает более экономичный начальный план, поскольку ориентирован на использование наиболее дешевых маршрутов уже на первом этапе.

Метод Фогеля считается более точным способом построения опорного плана. Он основан на вычислении штрафов по строкам и столбцам, что позволяет учитывать не только минимальные затраты, но и возможные потери при отказе от лучших маршрутов. Благодаря этому начальное решение, найденное методом Фогеля, как правило, оказывается ближе к оптимальному.

После построения начального плана необходимо проверить его на оптимальность. Для этого в классической теории транспортной задачи применяются:

— метод потенциалов;

— модифицированный распределительный метод;

— симплекс-метод в форме, адаптированной к транспортной задаче.

Наиболее распространенным считается метод потенциалов. Его идея заключается в вычислении специальных оценок для занятых и свободных клеток транспортной таблицы. Если для всех свободных клеток выполняется условие неотрицательности оценок, план считается оптимальным. Если хотя бы для одной клетки оценка отрицательна, существует возможность уменьшить суммарные затраты путем перераспределения поставок по замкнутому циклу. Данный процесс повторяется до тех пор, пока не будет найден оптимальный план.

Таким образом, транспортная задача представляет собой не просто отдельный расчетный прием, а полноценную модель оптимизации распределения ресурсов. Ее использование позволяет перейти от описательного анализа логистической ситуации к строго формализованному поиску наилучшего решения. Именно в этом проявляется ее особая ценность для управления логистическими потоками предприятия.

С позиции системного анализа транспортная задача рассматривается как часть общей логистической системы предприятия. В этой системе поставщики, потребители, маршруты, запасы, потребности и затраты выступают взаимосвязанными элементами. Входами являются объёмы ресурсов и параметры перевозок, выходом — оптимальный план поставок и итоговые затраты. Такой подход позволяет корректно сформулировать задачу, определить ограничения и критерий эффективности, а затем перейти к её формализованному решению.

Для практической реализации модели удобно использовать Python и библиотеку scipy.optimize, содержащую функцию linprog для решения задач линейного программирования. В программе матрица затрат преобразуется в вектор коэффициентов целевой функции, а ограничения по поставщикам и потребителям записываются в виде системы линейных равенств.

Для демонстрации программной реализации воспользуемся теми же исходными данными, которые были приведены в теоретической части. Пусть предприятие имеет три склада и четыре пункта потребления. Запасы поставщиков составляют:

склад 1 — 70 единиц;

склад 2 — 90 единиц;

склад 3 — 60 единиц.

Потребности потребителей составляют:

потребитель 1 — 40 единиц;

потребитель 2 — 50 единиц;

потребитель 3 — 80 единиц;

потребитель 4 — 50 единиц.

Матрица транспортных затрат имеет следующий вид:

$$C = \begin{pmatrix} 4 & 6 & 8 & 5 \\ 7 & 3 & 5 & 9 \\ 6 & 8 & 4 & 7 \end{pmatrix}$$

Это означает, что, например, доставка одной единицы продукции со склада 1 к потребителю 1 стоит 4 условные единицы, а доставка со склада 2 к потребителю 2 — 3 условные единицы.

Для программного решения необходимо ввести переменные x_{ij}, каждая из которых будет обозначать объем перевозки от i-го поставщика к j-му потребителю. Так как в нашей задаче имеется 3 поставщика и 4 потребителя, общее число переменных составит 12. Все эти переменные объединяются в один вектор, который и будет оптимизироваться с помощью linprog.

Ниже приведен пример программной реализации транспортной задачи на Python.

```
import numpy as np
from scipy.optimize import linprog
# Матрица транспортных затрат
costs = np.array([
[4, 6, 8, 5],
[7, 3, 5, 9],
[6, 8, 4, 7]
])
# Запасы поставщиков
supply = np.array([70, 90, 60])
# Потребности потребителей
demand = np.array([40, 50, 80, 50])
# Преобразуем матрицу затрат в одномерный вектор
c = costs.flatten()
```

```
# Количество поставщиков и потребителей
m, n = costs.shape
# Формирование матрицы ограничений по поставщикам
A_eq = []
b_eq = []
for i in range(m):
row = [0] * (m * n)
for j in range(n):
row[i * n + j] = 1
A_eq.append(row)
b_eq.append(supply[i])
# Формирование матрицы ограничений по потребителям
for j in range(n):
row = [0] * (m * n)
for i in range(m):
row[i * n + j] = 1
A_eq.append(row)
b_eq.append(demand[j])
# Границы переменных: объемы перевозок неотрицательны
bounds = [(0, None) for _ in range(m * n)]
# Решение задачи линейного программирования
result = linprog(c, A_eq=A_eq, b_eq=b_eq, bounds=bounds, method='highs')
# Вывод результатов
if result.success:
plan = result.x.reshape(m, n)
print("Оптимальный план перевозок:")
print(plan)
print("Минимальные транспортные затраты:", result.fun)
else:
print("Решение не найдено")
```

В рассматриваемом примере результат выполнения программы может быть представлен в следующем виде. В таблице 2 приведен оптимальный план.

Таблица 2
Оптимальный план

Поставщики/ Потребители	П1	П2	П3	П4	Запасы
Склад 1	40	0	0	30	70
Склад 2	0	50	40	0	90
Склад 3	0	0	40	20	60
Потребности	40	50	80	50	220

Для данного плана суммарные транспортные затраты составят:

$F = 160 + 150 + 150 + 200 + 160 + 140 = 960$

Следовательно, найденный план обеспечивает полное удовлетворение спроса и использование всех запасов при минимальных транспортных затратах. Практическая ценность программной реализации состоит в возможности автоматизации расчётов, быстрого изменения исходных параметров и расширения модели дополнительными ограничениями.

Заключение

В рамках данной работы была рассмотрена проблема оптимизации логистических потоков предприятия в условиях необходимости рационального распределения ресурсов между поставщиками и потребителями. В ходе исследования было показано, что эффективное управление логистическими процессами требует не только учета отдельных параметров перевозки, но и комплексного рассмотрения всей логистической системы как совокупности взаимосвязанных элементов, функционирующих в рамках общих целей, ограничений и критериев эффективности. В работе была раскрыта сущность транспортной задачи как одного из базовых инструментов оптимизации в логистике. Рассмотрена ее математическая постановка, включающая целевую функцию минимизации транспортных затрат и систему ограничений, связанных с объемами запасов и потребностей. Работа представляет интерес для специалистов работающих в логистических компаниях.

Литература

1. Системный анализ в транспортной логистике [Электронный ресурс]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-v-transportnoy-logistike (дата обращения: 01.03.2026).
2. Модель логистической системы предприятия в условиях цифровой экономики [Электронный ресурс]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/model-logisticheskoy-sistemy-predpriyatiya-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki (дата обращения: 15.03.2026).
3. Организация логистического процесса на предприятии: методы анализа и оценка текущей ситуации [Электронный ресурс]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-logisticheskogo-protsessa-na-predpriyatii-metody-analiza-i-otsenka-tekuschey-situatsii (дата обращения: 20.03.2026).
4. Транспортная задача линейного программирования [Электронный ресурс]. — URL: https://habr.com/ru/articles/573224/ (дата обращения: 21.03.2026).
5. Цифровая логистика: решение транспортной задачи спроса и предложения с помощью Python [Электронный ресурс]. — URL: https://habr.com/ru/companies/axenix/articles/532382/ (дата обращения: 25.03.2026).
6. Линейное программирование в Python силами библиотеки scipy [Электронный ресурс]. — URL: https://habr.com/ru/articles/332866/ (дата обращения: 27.03.2026).

Optimization of logistics flows of the enterprise by methods of system analysis and Python tools

Maiorov E.E.
Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP)

JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses the problem of optimizing the logistics flows of an enterprise using system analysis methods and Python language tools. The relevance of the research is determined by the need to reduce transportation costs, increase the efficiency of resource allocation and improve the management processes of the logistics system in conditions of limited reserves and needs. In the work, the logistics system of the enterprise is presented as a set of interrelated elements, including suppliers, consumers, transport routes and cost parameters. As a mathematical basis for the study, the transport problem is considered, which makes it possible to determine the optimal transportation plan while observing the specified restrictions. The possibility of practical implementation of the model using Python tools using linear programming tools is also shown.

Keywords: system analysis, logistics flows, enterprise logistics system, optimization, transport problem, linear programming, Python, resource allocation, mathematical modeling, transportation costs.

References

1. System analysis in transport logistics. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-v-transportnoy-logistike (data of access: 01.03.2026).
2. The model of the logistics system of the enterprise in the conditions of the digital economy. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/model-logisticheskoy-sistemy-predpriyatiya-v-usloviyah-tsifrovoy-ekonomiki (data of access: 15.03.2026).
3. Organization of the logistics process at the enterprise: methods of analysis and assessment of the current situation. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-logisticheskogo-protsessa-na-predpriyatii-metody-analiza-i-otsenka-tekuschey-situatsii (data of access: 20.03.2026).
4. The transport problem of linear programming. — URL: https://habr.com/ru/articles/573224 / (data of access: 21.03.2026).
5. Digital logistics: solving the transport problem of supply and demand using Python. — URL: https://habr.com/ru/companies/axenix/articles/532382 / (data of access: 25.03.2026).
6. Linear programming in Python using the scipy library. — URL: https://habr.com/ru/articles/332866 / (data of access: 27.03.2026).

Методика расчета тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции

Малыгина Оксана Александровна
канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры проектирования и технологии строительства, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, oksalita@mail.ru,

Салуквадзе Георгий Владимирович
аспирант, кафедра ветиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, salukvadze.georg@yandex.ru,

Баев Евгений Анатольевич
ассистент, кафедра проектирования и технологии строительства института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства, Луганский государственный университет имени Владимира Даля, baeff.eu@yandex.ru

Актуальным направлением повышения эффективности систем отопления жилых зданий массовой застройки является использование теплоизоляционных материалов в наружных ограждающих конструкциях. На стадии проектирования выбор утеплителя производится на основе прогнозирования тепловых потерь через ограждающие конструкции по стандартным методикам, которые не учитывают изменение теплофизических свойств материалов в процессе эксплуатации, в частности, изменение их влажности в течение отопительного периода. Целью работы является разработка методики прогнозирования тепловых потерь систем отопления через наружные ограждающие конструкции с учетом изменения влажности теплоизоляционных материалов в процессе эксплуатации.
Ключевые слова: ограждающие конструкции, коэффициент теплопроводности, коэффициент влагопроводности, тепловые потери, теплофизические свойства, теплотехнические характеристики, моделирование, тепловизионное обследование.

Введение

Актуальным направлением повышения эффективности систем отопления жилых зданий массовой застройки является использование теплоизоляционных материалов в наружных ограждающих конструкциях [1-3]. Включение в конструкцию стены слоя утеплителя обеспечивает требуемые теплозащитные свойства здания в течение заданного периода эксплуатации [4]. В настоящее время особую важность данный вопрос приобретает для Луганской народной республики, где практически весь жилой фонд был построен в СССР согласно типовым проектам в соответствии с действующими в тот период нормами и стандартами.

На стадии проектирования выбор теплоизоляционного материала производится на основе прогнозирования тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции по стандартным методикам, которые не учитывают изменение теплофизических свойств материалов в процессе эксплуатации, в частности, изменение их влажности в течение отопительного периода. В то же время существует ряд подходов к исследованию процессов тепловлагопереноса в ограждающих конструкциях, которые комплексно описывают процессы теплопроводности, конвективного теплообмена, влагопроводности и диффузии водяного пара с учетом межслойных и наружных граничных условий [5-7].

Основным из известных подходов к оценке тепловых потерь является моделирование процессов теплопроводности на основе численного решения дифференциального уравнения теплопроводности в частных производных и уравнения теплового потока при постоянных теплофизических свойствах материалов. Наличие удобных интерфейсов в современных программных комплексах [8,9] позволяет рассчитывать теплотехнические характеристики многослойных ограждающих конструкций с произвольным выбором материалов слоев. Несмотря на свою простоту, данный подход в настоящее время практически не используется в виду низкой точности результатов моделирования, поскольку не учитывается изменение теплофизических свойств в процессе эксплуатации.

Добиться повышение точности определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций позволяет задание в расчет нормативных условий эксплуатации, сформированных с учетом изменения теплофизических свойств материалов в течении отопительного периода [10,11]. На основе такого подхода появляется возможность объективно анализировать энергоэффективность и экономическую целесообразность применения типовых теплоизоляционных материалов.

Необходимо отметить весомый вклад в развитие методов определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, представленный в работах Гагарина В.Г., Козлова В.В., Корниенко С.В., Пастушкова П.П., Перехоженцева А.Г. [12-14], где показаны подходы для более точного моделирования влагопереноса в реальных условиях эксплуатации зданий.

Также следует отметить ряд работ авторов [15-20], в которых рассмотрены вопросы моделирования отдельных аспектов процессов тепловлагопереноса, в том числе, экспериментально полученные зависимости коэффициентов теплопроводности и влагопроводности от сорбционной влажности для типовых теплоизоляционных материалов IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ, ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ.

Выполненный анализ убедительно показывает, что дальнейшее развитие методов прогнозирования тепловых потерь через ограждающие конструкции может быть достигнуто на основе численного моделирования комплексных процессов теплопроводности, конвективного теплообмена, влагопроводности и диффузии водяного пара с учетом эмпирических зависимостей для теплофизических свойств материалов, полученных на основе экспериментальных исследований в реальных условиях эксплуатации.

Целью работы является разработка методики прогнозирования тепловых потерь систем отопления через наружные ограждающие конструкции с учетом изменения влажности теплоизоляционных материалов в процессе эксплуатации.

Цель работы

Целью работы является исследование теплотехнических характеристик и тепловых потерь четырехслойной ограждающей конструкции с теплоизоляционными материалами IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ, ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ на примере жилых зданий массовой застройки г. Луганска.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 26-19-00006, https://rscf.ru/project/26-19-00006/

Материалы и результаты исследований

В основу предлагаемой методики положена математическая модель тепловлагопереноса в четырехслойной ограждающей конструкции, построенная с использованием полученных авторами экспериментальных зависимостей коэффициентов теплопроводности и влагопроводности от сорбционной влажности для типовых теплоизоляционных материалов. Рассматриваемая конструкция (рис.1) состоит из внутреннего известкового штукатурного слоя – 1; кирпичной (или бетонной) стены – 2; теплоизоляционного материала – 3; внешнего облицовочного слоя – 4. Каждый слой ограждающей конструкции имеет свою толщину δ_i, где i – номер слоя. Общая толщина всей конструкции стены $\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$.

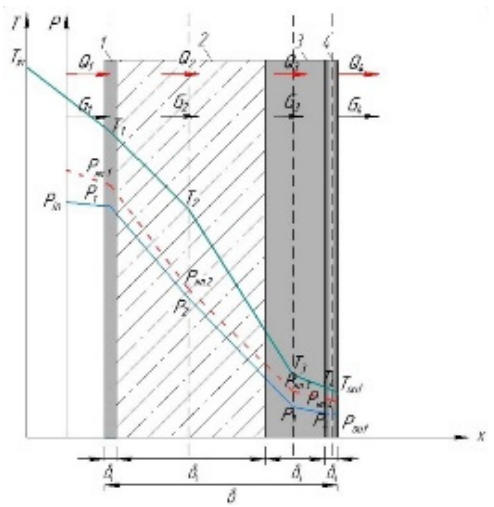


Рисунок 1 – Расчетная схема ограждающей конструкции

Для каждого i-того слоя ограждающей конструкции справедливо уравнение теплового потока и дифференциальное уравнение теплопроводности

$$q_i = -\lambda_i(W_i)\frac{\partial T_i}{\partial x}; \quad (1)$$

$$c_i(W_i)\rho_i\frac{\partial T_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_i(W_i)\frac{\partial T_i}{\partial x}\right), \quad (2)$$

где $q_i = Q_i / A$ – плотность теплового потока Q_i через площадь изотермической поверхности A в i-том слое ограждающей конструкции; T_i – температура в i-том слое; x – координата; W_i – влажность в i-том слое; $\lambda_i(W_i)$ – коэффициент теплопроводности в i-том слое как функция W_i; $c_i(W_i)$ – теплоемкость материала i-того слоя как функция W_i; ρ_i – плотность материала в i-том слое; t – время.

Граничные условия для температуры имеют вид:

$$\alpha_{in}\left(T_{in} - T_1(0)\right) = -\lambda_1(0)\frac{\partial T_1}{\partial x}\bigg|_{x=0}; \quad (3)$$

$$T_1(\delta_1) = T_2(\delta_1); \quad (4)$$

$$T_2(\delta_1 + \delta_2) = T_3(\delta_1 + \delta_2); \quad (5)$$

$$T_3(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) = T_4(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3); \quad (6)$$

$$-\lambda_4(\delta)\frac{\partial T_4}{\partial x}\bigg|_{x=\delta} = \alpha_{out}\left(T_4(\delta) - T_{out}\right), \quad (7)$$

где T_{in} – температура внутри помещения здания; T_{out} – температура наружного воздуха, α_{in} и α_{out} – коэффициенты теплоотдачи на внутренней и внешней поверхности ограждающей конструкции.

Для каждого i-того слоя записано уравнение переноса водяного пара и дифференциальное уравнение его диффузии

$$G_i = -\mu_i(W_i)\frac{\partial P_i}{\partial x}; \quad (8)$$

$$\xi_i(W_i)\rho_n\frac{\partial P_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_i(W_i)\frac{\partial P_i}{\partial x}\right), \quad (9)$$

где G_i –поток водяного пара в i-том слое ограждающей конструкции; P_i – парциальное давление в i-том слое; $\mu_i(W_i)$ – коэффициент паропроницаемости i-того слоя как функция W_i; ρ_n – плотность водяного пара; $\zeta_i(W_i)$ – удельная пароемкость материала i-того слоя как функция W_i.

Граничные условия для парциального давления имеют вид:

$$P_1(0) = P_{in}; \quad (10)$$

$$P_1(\delta_1) = P_2(\delta_1); \quad (11)$$

$$P_2(\delta_1 + \delta_2) = P_3(\delta_1 + \delta_2); \quad (12)$$

$$P_3(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) = P_4(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3); \quad (13)$$

$$P_4(\delta) = P_{out}, \quad (14)$$

где P_{in} – парциальное давление внутри помещения; P_{out} – парциальное давление наружного воздуха.

Для каждого i-того слоя ограждающей конструкции справедливо уравнение потока капельной влаги и дифференциальное уравнение влагопроводности

$$g_i = -\beta_i(W_i)\frac{\partial W_{fi}}{\partial x}; \quad (15)$$

$$\rho_i\frac{\partial W_{fi}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\beta_i(W_i)\frac{W_{fi}}{\partial x}\right), \quad (16)$$

где g_i – поток капельной влаги в i-том слое; W_{fi} – капельная влажность в i-том слоя; $\beta_i(W_i)$ – коэффициент влагопроводности в i-том слое как функция W_i.

Граничные условия для влагосодержания имеют вид:

$$W_{f1}(0) = W_{fin}; \quad (17)$$

$$W_{f1}(\delta_1) = W_{f2}(\delta_1); \quad (18)$$

$$W_{f2}(\delta_1 + \delta_2) = W_{f3}(\delta_1 + \delta_2); \quad (19)$$

$$W_{f3}(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) = W_{f4}(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3); \quad (20)$$

$$W_{f4}(\delta) = W_{fout}, \quad (21)$$

где W_{fin} – влагосодержание внутри помещения; W_{fout} – влагосодержание наружного воздуха.

Влажность в i-том слое является суммой сорбционной влажности W_{si} и капельной влажности W_{fi}

$$W_i = W_{si} + W_{fi}. \quad (22)$$

Сорбционную влажность принято рассматривать как функцию относительной влажности воздуха

$$W_{si} = f(\varphi_i), \quad (23)$$

где $\varphi_i = P_i / P_{нп.i}$ – относительная влажность в i-слое; $P_{нп.i}$ – давления насыщенных паров в i-том слое

$$P_{нп.i} = 0,0215T_i^3 + 1,70T_i^2 + 48,08T_i + 613. \quad (24)$$

Принято считать, что если $\varphi_i < 1$, то вся влага идет на изменение сорбционной влажности материала, т.е.

$$W_i = W_{si} \text{ при } \varphi_i < 1. \quad (25)$$

Начальные условия при моделировании нестационарных тепловлажностных процессов принимаются согласно подходам [5, 7].

Как показывает анализ изменения теплофизических параметров в зависимости от влажности, что подтвердается в дальнейшем расчетами, наибольшее влияние на результаты моделирования оказывает изменение коэффициентов теплопроводности и влагопроводности, что позволяет принимать в рассмотрение только нормативные величины остальных параметров.

Влияние на коэффициенты теплопроводности теплоизоляционных материалов сорбционной влажности W_s описано линейной зависимостью [7, 20]

$$\lambda = \lambda_{сух}\left(1 + k \cdot W_s\right), \quad (26)$$

где k – коэффициент, зависящий от вида теплоизоляционного материала; $\lambda_{сух}$ – коэффициент теплопроводности материала в сухом состоянии.

По результатам экспериментальных исследований получены значения k: для утеплителя IZOVOL – k=0,043, для утеплителя ТЕХНОФАС ПРОФ – k=0,041, для утеплителя ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ – k=0,032.

Влияние сорбционной влажности сорбционной влажности W_s на ккоэффициент влагопроводности β также представлено линейной зависимостью

$$\beta = B_0 W_{si} + B_1, \quad (28)$$

где B_0, B_1 – коэффициенты аппроксимации.

Значения B_0 и B_1 для типовых теплоизоляционных материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Теплоизоляционный материал	Коэффициенты аппроксимации	
	$B_0 \cdot 10^4$	$B_1 \cdot 10^2$
IZOVOL	0,057	-0,011
ТЕХНОФАС ПРОФ	0,049	-0,019
ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ	1,370	-0,150

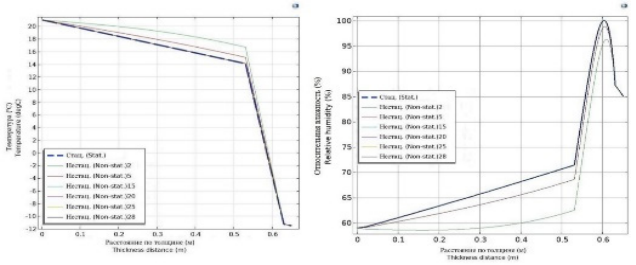
Тепловые потери можно характеризовать плотностью теплового потока (1), которая при стационарном режиме без учета граничных эффектов по периметру является одинаковой для всех сечений ограждающей конструкции.

Методика прогнозирования тепловых потерь реализована в программном комплексе COMSOL Multiphysics [8, 9], где с помощью интерфейсов Heat Transfer in Building Materials и Moisture Transport in Building Materials построена имитационная модель теплотехнических характеристик четырехслойной ограждающей конструкции.

Исходя из вышеизложенного, представленная методика реализуется с помощью имитационной модели в программном комплексе COMSOL Multiphysics, где для проведения численной процедуры задаются геометрические размеры слоев ограждающей конструкции, теплофизические свойства материалов слоев, граничные и начальные условия. Численное моделирование осуществляется методом конечных элементов, а результаты расчета представляются в удобном для обработки и анализа виде.

С использованием предложенной методики выполнены исследования теплотехнических характеристик и тепловых потерь четырехслойной ограждающей конструкции с теплоизоляционными материалами IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ на примере жилых зданий массовой застройки г. Луганска. Для оценки точности результатов расчета проводилось тепловизионное обследование утепленных ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий профессиональным тепловизором.

Результаты моделирования распределения температуры и относительной влажности в ограждающей конструкции кирпичного здания со слоем теплоизоляционного материала IZOVOL, показаны на рисунке 2. Температура воздуха внутри помещения составляла T_{in}=21 °*C*, относительная влажность внутреннего воздуха φ_{in}=52 %.



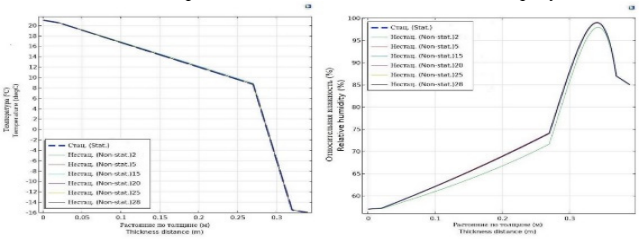
а *б*

Рисунок – 2 Распределения температуры и относительной влажности в ограждающей конструкции кирпичного здания со слоем утеплителя IZOVOL

Как видно из представленных результатов, полученных для самого холодного месяца отопительного периода, в сечении кирпичной кладки (рисунок 2, а) температура постепенно снижается от 21 °С до 14,1 °С, а в слое теплоизоляционного материала быстро уменьшается до –11,9 °С. Относительная влажность (рисунок 2, б) по всей толщине кирпичной стены меняется равномерно от 59 % до 74 %, а в толщине утеплителя наблюдается резкий скачок величины влажности до максимального значения, а затем уменьшение до 86 %. Тепловые потери с учётом изменения влажности составляют 8,57 Вт/м², для нормативного условия эксплуатации в сухом состоянии 7,11 Вт/м², а нормативного условия эксплуатации во влажном состоянии имеют значение 7,64 Вт/м².

По результатам тепловизионной съемки получена фактическая температура на поверхности фронтальных и торцевых стен, утепленных теплоизоляционным материалом. Данная температура колеблется в пределах – 11,4...– 11,8 °*C*. По результатам компьютерного моделирования температура на внешней поверхности имеет значения –11,5 °*C*.

Результаты моделирования распределения температуры и относительной влажности в ограждающей конструкции панельного здания со слоем теплоизоляционного материала ТЕХНОФАС ПРОФ, показаны на рисунке 3.



а *б*

Рисунок 3 – Распределения температуры и относительной влажности в ограждающей конструкции панельного здания со слоем утеплителя ТЕХНОФАС ПРОФ

Температура воздуха внутри помещения составляла T_{in}=21 °*C*, относительная влажность внутреннего воздуха φ_{in}=54 %.

Как видно из представленных результатов, полученных для самого холодного месяца отопительного периода, в сечении панельной стены с утеплителем ТЕХНОФАС ПРОФ (рисунок 3, а) температура постепенно снижается от 21 °*C* до 8,6 °*C*, а в слое теплоизоляционного материала быстро уменьшается до –15,9 °С. Относительная влажность (рисунок 3, б) по всей толщине кирпичной стены меняется равномерно от 57 % до 78,3 %, а в толщине утеплителя наблюдается резкий скачок величины влажности до максимального значения, а затем уменьшение до 86 %. Тепловые потери с учётом изменения влажности составляют 16,29 Вт/м², для нормативного условия эксплуатации в сухом состоянии 14,68 Вт/м², а нормативного условия эксплуатации во влажном состоянии имеют значение 15,44 Вт/м².

Значение фактической температуры на поверхности фронтальных и торцевых стен, утепленных теплоизоляционным материалом, полученной с помощью тепловизионной съемки, колеблется в пределах – 16,71...– 16,73 °*C*. По результатам численного моделирования температура на внешней поверхности имеет значения –16,6 °*C*.

Проведенное тепловизионное обследование теплотехнического состояния утепленных ограждающих конструкций с теплоизоляционными материалами IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ жилых зданий массовой застройки г. Луганска существующих зданий массовой застройки с погрешностью до 2,6 % согласуется с результатами численных расчетов по предложенной методике.

Результаты расчета по предложенной методике показали, что реальные тепловые потери через ограждающие конструкции с учетом изменения влажности в условиях эксплуатации г. Луганска существенно отличаются от результатов, полученных для нормативных условий эксплуатации, в зависимости от вида применяемого утеплителя и месяца отопительного периода. Так, например, для кирпичных стен зданий при использовании теплоизоляционного материала IZOVOL расхождение результатов достигает 12,4 %, для панельных зданий с утеплителем ТЕХНОФАС ПРОФ максимальное расхождение составляет 9,8 %.

Выводы

Таким образом, в работе представлена методика прогнозирования тепловых потерь систем отопления через наружные ограждающие конструкции с учетом изменения влажности теплоизоляционных материалов в процессе эксплуатации. В основу методики положена математическая модель тепловлагопереноса в четырехслойной ограждающей конструкции, построенная с использованием полученных авторами экспериментальных зависимостей коэффициентов теплопроводности и влагопроводности от сорбционной влажности для типовых теплоизоляционных материалов. Математическая модель комплексно описывает процессы теплопроводности, конвективного теплообмена, влагопроводности и диффузии водяного пара с учетом межслойных и наружных граничных условий. Методика прогнозирования тепловых потерь реализована в среде программного комплекса COMSOL Multiphysics.

Выполнены комплексные исследования теплотехнических характеристик и тепловых потерь четырехслойной ограждающей конструкции с теплоизоляционными материалами IZOVOL, ТЕХНОФАС ПРОФ, ПЕНОПЛЕКС КОМФОРТ на примере жилых зданий массовой застройки г. Луганска. Проведенное тепловизионное обследование утепленных ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий согласуется с результатами расчетов по предложенной методике. Показано, что реальные тепловые потери через ограждающие конструкции с учетом изменения влажности в условиях эксплуатации г. Луганска существенно отличаются от результатов, полученных для нормативных условий эксплуатации, в зависимости от вида применяемого утеплителя и месяца отопительного периода. Так, например, для кирпичных стен зданий при использовании теплоизоляционного материала IZOVOL расхождение результатов достигает 12,4 %, для панельных зданий с утеплителем ТЕХНОФАС ПРОФ максимальное расхождение составляет 9,8 %.

Применение предложенной методики прогнозирования тепловых потерь систем отопления позволяет выполнить оценку энергоэффективности и экономической целесообразность использования типовых теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях.

Литература

1. Nigumann, E. Circular renovation of an apartment building with prefabricated additional insulation elements to nearly zero energy building / E. Nigumann, T. Kalamees, K. Kuusk, P. Pihelo // Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. – 2024. – Vol. 34. – Issue 1. – P. 22-34. DOI: 10.5755/j01.sace.34.1.35674

2. Высоцкий, Д.В. Сравнение вариантов утепления производственного здания при реконструкции / Д.В. Высоцкий, Д.А. Татьянников // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – №2(38). – С. 57-67. DOI: 10.15593/2409-5125/2020.02.04

3. Беликов, К.Е. Сравнение теплоизоляционных свойств различных видов утеплителя для строительства частных жилых домов / К.Е. Беликов // Научный журнал молодых ученых. – 2021. – № 3(24). – С. 33-38.

4. Wang, Q. Thermal insulation performance analysis of high-rise building envelope based on finite element analysis / Q. Wang // Thermal Science. – 2022. – Vol. 26. – Issue. 3 – Part A. P. 2361-2372. DOI 10.2298/tsci2203361w

5. Zubarev, K. Mathematical modeling of heat and moisture regimes of building for the facade thermal insulation composite system with mineral wool insulation / K. Zubarev, V. Gagarin // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 247. – P. 625-634. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_54

6. Sokolov, V. Modeling of Aerodynamic Characteristics of Ventilation Systems Based on Object Decomposition / V. Sokolov, O. Krol, I. Chernikova, P. Tsankov, G. Salukvadze // Proceedings of the 8th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. ICCATS 2024. Lecture Notes in Civil Engineering. – Cham: Springer. – 2025. – Vol. 565. – P. 509-519. DOI: 10.1007/978-3-031-80482-3_48

7. Малыгина, О.А. Разработка математических моделей определения тепло-влажностного режима ограждающих конструкций зданий при нестационарном тепловом потоке / О.А. Малыгина // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 3(52). – С. 93-104.

8. Моделирование в COMSOL Multiphysics энергосбережения типовых зданий жкх при реконструкции и ремонте / В.А. Сучилин, А.С. Кочетков, В.А. Сучилин, Н.Н. Губанов // Журнал СОК. – 2020. – №6. – С. 44-50.

9. Имитационное моделирование прикладных задач тепло- и воздухообмена в программе COMSOL Multiphysics / Г.И. Парфенов, Н.Н. Смирнов, А.А. Яблоков, В.К. Пыжов. – Иваново, 2023. – 132 с.

10. Физико-математическая модель тепловлагопереноса в ограждающих конструкциях из профилированного теплового бруса / Н.А. Цветков, А.Н. Хуторной, А.В. Толстых, А.В. Колесникова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2017. – Т. 698. – № 2. – С. 12-20.

11. Мусорина, Т.А. Математический аппарат для определения термического сопротивления однородной скалярной среды / Т.А. Мусорина, Д.Д. Заборова, М.Р. Петриченко // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – Вып. 8. – С. 1037-1045. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1037-1045

12. Динамическое моделирование процесса тепловлагопереноса в многослойных ограждениях / С.В. Корниенко, О.Г. Чеснокова, В.Д. Чеснокова, М.Д. Журбенко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2021. – № 4(85). – С. 29-40.

13. Гагарин, В.Г. К вопросу о назначении расчетной влажности строительных материалов по изотерме сорбции / В.Г. Гагарин, П.П. Пастушков, Н.А. Реутова // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 152-155.

14. Перехоженцев, А.Г. О потенциале влажности, нормировании и расчете тепловлажностных характеристик наружных ограждений зданий / А.Г. Перехоженцев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2023. – № 3-4(92). – С. 39-48.

15. Sokolov, V. Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems / V. Sokolov // Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer. – Cham. – 2019. – Vol. 63. – P. 278-283. DOI:10.1007/978-3-030-04792-4_37

16. Малыгина, О.А. Анализ теплотехнических свойств наружной ограждающей конструкции по итогам натурных испытаний / О.А. Малыгина // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 2 (51). – С. 129-139.

17. Sokolov, V. Hydrodynamics of Flow in a Flat Slot with Boundary Change of Viscosity / V. Sokolov // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer – Cham. – 2021. – Vol. 2. – P. 1172-1181. DOI:10.1007/978-3-030-54817-9_136

18. Krol, O. Modeling Carrier System Dynamics for Metal-Cutting Machines / O. Krol, V. Sokolov // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – IEEE. – 2018.

19. Krol, O. Modeling of Spindle Node Dynamics Using the Spectral Analysis Method / O. Krol, V. Sokolov // Advances in Design Simulation and Manufacturing III. DSMIE 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer – 2020. – Vol. 1. – P. 35-44.

20. Малыгина, О.А. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов во влажном состоянии / О.А. Малыгина, В.В. Засько // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – № 5(169). – С. 5-14. DOI: 10.71536/vd.2024.5c169.1

Methodology for calculating heat losses through external building structures

Malygina O.A., Salukvadze G.V., Baev E.A.
Lugansk Dahl State University

JEL classification: L61, L74, R53

The important way to improve the efficiency of residential building heating systems is to use thermal insulation materials in exterior building envelope. At the design stage, the choice of insulation is based on predicting heat loss through the walls using standard methodologies that do not take into account changes in the thermophysical properties of the materials during operation, such as changes of humidity during the heating season. The purpose of this paper is to develop the methodology for predicting heat loss through exterior building envelope, taking into account changes in the moisture content of the thermal insulation materials during operation.

Keywords: heating systems, thermal conductivity coefficient, moisture conductivity coefficient, heat losses, thermophysical propertiessorption, thermotechnical characteristics, modeling, thermal imaging survey.

References

1. Nigumann, E. Circular renovation of an apartment building with prefabricated additional insulation elements to nearly zero energy building / E. Nigumann, T. Kalamees, K. Kuusk, P. Pihelo // Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. – 2024. – Vol. 34. – Issue 1. – P. 22-34. DOI: 10.5755/j01.sace.34.1.35674

2. Vysotsky, D.V. Comparison of options for insulating a production building during reconstruction / D.V. Vysotsky, D.A. Tat'yannikov // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urbanistics. – 2020. – No. 2(38). – Pp. 57-67. DOI: 10.15593/2409-5125/2020.02.04

3. Belikov, K.E. Comparison of the thermal insulation properties of various types of insulation for the construction of private residential buildings / K.E. Belikov // Scientific Journal of Young Scientists. – 2021. – No. 3(24). – Pp. 33-38.

4. Wang, Q. Thermal insulation performance analysis of high-rise building envelope based on finite element analysis / Q. Wang // Thermal Science. – 2022. – Vol. 26. – Issue. 3 – Part A. P. 2361-2372. DOI 10.2298/tsci2203361w

5. Zubarev, K. Mathematical modeling of heat and moisture regimes of building for the facade thermal insulation composite system with mineral wool insulation / K. Zubarev, V. Gagarin // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 247. – P. 625-634. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_54

6. Sokolov, V. Modeling of Aerodynamic Characteristics of Ventilation Systems Based on Object Decomposition / V. Sokolov, O. Krol, I. Chernikova, P. Tsankov, G. Salukvadze // Proceedings of the 8th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. ICCATS 2024. Lecture Notes in Civil Engineering. –Cham: Springer – 2025. – Vol. 565. – P. 509-519. DOI: 10.1007/978-3-031-80482-3_48

7. Malygina, O.A. Development of Mathematical Models for Determining the Thermal and Moisture Regime of Building Enclosures under Non-Stationary Thermal Flux / O.A. Malygina // Modern Problems of Civil Protection. – 2024. – No. 3(52). – Pp. 93-104.

8. Modeling in COMSOL Multiphysics of energy saving of typical housing and communal services buildings during reconstruction and repair / V.A. Suchilin, A.S. Kochetkov, V.A. Suchilin, N.N. Gubanov // Journal SOC. – 2020. – No. 6. – pp. 44-50.

9. Simulation modeling of applied problems of heat and air exchange in the COMSOL Multiphysics program / G.I. Parfenov, N.N. Smirnov, A.A. Yablokov, V.K. Pyzhov. – Ivanovo, 2023. – 132 p.

10. Physical and mathematical model of heat and moisture transfer in enclosing structures made of profiled thermal timber / N.A. Tsvetkov, A.N. Khutornoy, A.V. Tolstykh, A.V. Kolesnikova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. – Stroitelstvo. – 2017. – Vol. 698. – No. 2. – P. 12-20.

11. Musorina, T.A. Mathematical Apparatus for Determining the Thermal Resistance of a HomogeneousScalar Medium / T.A. Musorina, D.D. Zaborova, M.R. Petrichenko // Vestnik MGSU. – 2019. – Vol. 14. – Issue 8. – Pp. 1037-1045. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1037-1045

12. Dynamic Modeling of the Heat and Moisture Transfer Process in Multi-Layer Fences / S.V. Kornienko, O.G. Chesnokova, V.D. Chesnokova, and M.D. Zhurbenko // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. – 2021. – No. 4(85). – Pp. 29-40.

13. Gagarin, V.G. To the question of the appointment of the design moisture of construction materials by the isotherm of sorption / V.G. Gagarin, P.P. Pastushkov, N.A. Reutova // Construction and Reconstruction. – 2015. – No. 4 (60). – Pp. 152-155.

14. Perekhozhentsev, A.G. On the potential of humidity, regulation and calculation of thermal and moisture characteristics of external fences of buildings / A.G. Perekhozhentsev // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. – 2023. – No. 3-4(92). – Pp. 39-48.

15. Sokolov, V. Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems / V. Sokolov // Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer. – Cham. – 2019. – Vol. 63. – P. 278-283. DOI:10.1007/978-3-030-04792-4_37

16. Malygina, O.A. Analysis of the thermal properties of the outer enclosing structure based on the results of field tests / O.A. Malygina // Modern Problems of Civil Protection. – 2024. – No. 2 (51). – Pp. 129-139.

17. Sokolov, V. Hydrodynamics of Flow in a Flat Slot with Boundary Change of Viscosity / V. Sokolov // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer – Cham. – 2021. – Vol. 2. – P. 1172-1181. DOI:10.1007/978-3-030-54817-9_136

18. Krol, O. Modeling Carrier System Dynamics for Metal-Cutting Machines / O. Krol, V. Sokolov // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – IEEE. – 2018.

Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения и вентиляции при реконструкции жилых зданий

Малькова София Романовна
студент, НИУ МГСУ, MalkovaSony04@yandex.ru,

Порываев Никита Сергеевич
студент, НИУ МГСУ, porywaev.nikit@gmail.com,

Попов Сергей Евгеньевич
студент, НИУ МГСУ, p.sergey04@mail.ru,

Малышев Никита Сергеевич
студент, НИУ МГСУ, nmalysev611@gmail.com,

Леонов Константин Владимирович
студент, НИУ МГСУ, leonov_04@list.ru

Реконструкция жилых домов с учётом энергосбережения включает в себя меры по утеплению, модернизации отопления и вентиляции, автоматизации и учёту потребления при строгом соблюдении нормативных требований: в РФ законы и правила задают общие требования (ФЗ № 261 «Об энергосбережении», постановление № 1628/2021 об энергоэффективности и нормативы по утеплению конструкций), в ЕС, директива EPBD (2010/31/EC) об энергоэффективности зданий, обязательный расчёт, сертификация и инспекция. Рассмотрен типовой МКД в умеренно холодном климате (например, Московская область) с централизованным отоплением и традиционной вентиляцией. Основные решения: утепление, котлы конденсационные, ИТП, тепловые насосы, вентиляция с рекуперацией, автоматика, гидробаланс. Оценены энерго- и экономическая эффективность, сроки окупаемости (если нет данных, указано). В опыте РФ, пилотных МКД, в ЕС, опыт Восточной Европы по энергоэффективной реновации. Риски (тех. и нормативные сдержки, проблемы финансирования и соц. согласия) и рекомендации по выбору и поэтапному внедрению.

Ключевые слова: энергоэффективность, реконструкция жилых зданий, системы теплоснабжения, вентиляция, энергосбережение, утепление зданий, индивидуальный тепловой пункт (ИТП), конденсационные котлы, тепловые насосы, рекуперация тепла.

В РФ основа, ФЗ-261/2009 об энергоэффективности, акты по ЖКХ и строительству. Закон № 261-ФЗ, базовые принципы, Постановление № 1628/2021 (с 03/2022), правила по классам энергоэффективности МКД (например, удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию). С 2023 г., новые дома не могут быть ниже класса «E», с 2026, ниже «D». Нормативы: «теплозащитные» СП 50.13330 (актуализация СНиП 23-02), теплопотери зданий, СП 60.13330, 2020 (утверждён Минстроем), проектирование отопления и вентиляции; ГОСТ Р 54860 (EN 15316), общие положения теплоснабжения зданий. Мировые стандарты (Директива 2010/31/EC, ISO 52000, EN 15603 и др.), единые требования к учёту энергии и к зданиям. EPBD требует расчёт общеевропейской методикой, энерго сертифика цию здания и регулярную инспекцию оборудования. Необходимо учитывать все изменения нормативов: например, ужесточение по утеплению в СП 50.13330 и по проверке оборудования в СП 60.13330 вводятся постепенно (для СП 60.13330, с 01.07.2021) с требованием более эффективной техники и конструкций (высокоэффективные вентиляторы, конденсационные котлы, автоматические узлы учёта и др.). Эти требования, база для проектов реконструкции с учётом энергоэффективности.

Современные решения касаются систем отопления и вентиляции. Отопление: замена старых котлов на конденсационные (с максимальной температурой подачи не выше 80 °C) повышает КПД котельной. Распределение тепла по дому по СП 60.13330 двухтрубное с индивидуальными регулирующими клапанами и приборами учёта тепла, установка термостатов на радиаторы для регулировки стояков. Раньше широко использовались «элеваторные узлы», технически неуправляемы в сравнении с ИТП (автоматика и насосы). ИТП позволяет плавно менять температуру в МКД и учитывать фактический расход, что экономит, но требует оборудования и монтажа (см. «не указано»). Гидро баланс в отоплении МКД (автоматические балансировочные клапаны и регуляторы давления) равномерно нагревает и уменьшает перепотребление теплоносителя. СП 60.13330 требует обязательное использование балансировочных устройств в двухтрубных и однотрубных системах отопления.

Возобновляемые источники и рекуперация. Для пиковых нагрузок СП 60.13330 рекомендует тепловые насосы и аккумуляторы тепла / холода. Тепловой насос (например, «воздух, вода») может заменить или поддержать котельную и повысить энергоэффективность (COP 3, 4 раза выше, чем КПД котла), но требует инвестиций и особых условий. Нормы также допускают тепло «серых сточных вод» и грунта, конденсат холодильников и др. в качестве вторичных источников. Вентиляция с рекуперацией вытяжного воздуха (приточно-вытяжной аппарат с теплообменником) возвращает 30, 50% тепла, потерянного с вентиляцией (обычно указывается в обзорах, хотя в СП есть только общее требование к вентиляции с утилизацией тепла). Механическая приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла эффективна в новых домах с «герметичным» фасадом. В существующих МКД с естественной вентиляцией внедрение таких систем требует строительных работ и, возможно, разрешений. Автоматизация и учёт. Современные системы автоматизации (датчики температуры, программируемые контроллеры, ГИС-модули учёта тепла) строгие в поддержании комфортного режима и минимизируют нерациональное потребление. Автоматизированный узел учёта и регулирования тепловой энергии уже стал обязательной частью капремонтов отопления/ГВС (по приказу Минстроя, введённому в 2025, 2026 годах, см. решение Минстроя РФ). Автоматика, мера, более дешёвая, чем изоляция, окупаемая снижением переплат за энергию.

В России «энергосберегающие» капремонты МКД пока редки. Несколькими пилотными (городские эксперименты) известны: в каких-то устанавливают ИТП и делают балансировку, в других утепляют по региональным программам. Подобным образом, Мэрия Москвы рассматривала проекты энергомодернизации типовых МКД (утепление стен/кровли, замена лифтов и инженерных узлов), но детальный статистики проектов мало. В СНГ и Восточной Европе вместо того накоплен опыт: в Прибалтике (Латвия, Литва) общие дома берут кредиты под субсидии на кап ремонт с утеплением и заменой коммуникаций. В одном из примеров в Цесисе (Латвия) 1960-х годов (24 квартиры, ~917 м²) после реконструкции (новый фасад, окна, ИТП) получил €18 200 кредит на 12 лет. Подобным образом дом 1958 г. (8 квартир, 423 м²) получил €8 200 кредит на 12 лет. Эти примеры, типичные объёмы инвестиций (на площадь) и возможности собирания денег в долг.

Таблица 1
Сравнение ключевых технологий

Мера	Эффективность снижения теплопотерь	Стоимость внедрения	Срок окупаемости	Сложность внедрения	Применимость (панель/кирпич)
Утепление ограждающих конструкций	Очень высокая (≈30–50%)	Высокая	Долгий (8–15 лет)	Высокая (строит. работы)	Высока / Высока
Конденсационные котлы	Средняя (5–15%)	Средняя	Средний (5–10 лет)	Средняя (модернизация)	Высока / Высока
Индивидуальный тепловой пункт (ИТП)	Средняя (10–20%)	Средняя	Средний (5–10 лет)	Средняя (размещение)	Высока / Высока
Тепловой насос	Высокая (COP≈3-4)	Очень высокая	Долгий (>10 лет)	Высокая (спец.обор.)	Низкая / Средняя (не во всех панелях)
Вентиляция с рекуперацией	Высокая (≈30%)	Высокая	Средний (7–10 лет)	Высокая (монтаж)	Низкая / Средняя (требует места)
Автоматизация и учёт	Средняя (5–15%)	Низкая	Короткий (3–5 лет)	Низкая	Высока / Высока
Гидравлическая балансировка	Низкая/Средняя (5–10%)	Низкая	Короткий (1–3 года)	Низкая	Высока / Высока

В Евросоюзе «глубоко» обновили по программе EPBD / Horizo n 2020 тысячи жилых зданий. В среднем по проектам (утепление, системы, вентиляция) экономят 50, 70%. В частности, директивы заставляют приводить дома к почти-нулевым (NZEB) после 2020 года (в РФ только вводится). Общеевропейски ми примерами комплексной реновации дом опускает тепловое потребление с 200, 300 кВт·ч/м² до ~50, 100 кВт·ч/м² (кли мат, комплектация, исходники играют роль, часто в публикациях обозначается «не указано»). Классические рас ка зы СНГ (Беларусь, Молдавия) дают похожий эффект: утепление стен и замена котлов дали 30, 50% экономии с приемлемыми окупаемостями (5, 10 лет) с учётом цен на энергию. Это из официальных отчётов и публикаций энергетиков (см. приведённые примеры из Восточной Европы).

Реконструкция жилых домов с учётом энергоэффективности требует комплексного междисциплинарного подхода: соблюдение норм и применение современных технических решений. Нормы РФ (ФЗ 261-ФЗ, СП 60.13330, ГОСТ Р 54860) и международные стандарты (EPBD, ISO), требования к своду энерго потребления на нет, что стимулирует ввод энергоэффективных решений. Анализ показывает, что оптимальный набор мер обычно, утепление, котельная (конденсационные котлы или тепловые насосы), ИТП с автоматикой, вентиляция с рекуперацией и гидро баланс. Это снижа ет использование топлива и электроэнергии на 30, 50% (а при комплексном подходе и больше), подтверждают российские и международные примеры. Деньги в эти дела часто возвращаются 5, 15 лет, тр ебуется больше для утепления, а мало для баланса и автоматики. Техн. риски, сложность реконструкции «старого» жилфонда и проблемы денги финансирования, могут сниматься поэтапным планированием (начиная с местных работ) и поддержкой государства. Таким образом рекомендуется капитальный энергоэффективный ремонт, начиная с «узких мест» здания, с учетом нормативов и денег.

Литература

1. СП 435.1325800.2018. Конструкции бетонные и железобетонные. Монолитные. Правила производства и приемки работ. – М.: Минстрой России, 2018.
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87. – М., 2012.
3. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2013.
4. ГОСТ 18105–2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. – М.: Стандартинформ, 2019.
5. Приказ Минстроя России от 04.08.2020 № 421/пр «Методика определения сметной стоимости строительства».
6. Приказ Минстроя России от 18.07.2022 № 577/пр «Методика разработки сметных норм».
7. Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН). – М.: Минстрой России, действующая редакция.
8. Кудряшов Н. Б. Методы определения сметной стоимости в строительстве // Сметно-договорная работа в строительстве. – 2023. – № 4.
9. Иванов И. И. Экономика строительства: учебник. – М.: Издательство АСВ, 2021. – 320 с.
10. Петров П. П. Ценообразование и сметное дело в строительстве. – СПб.: Питер, 2020. – 256 с.
11. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – М.: Стандартинформ, 2009

Improving the energy efficiency of heating and ventilation systems during the reconstruction of residential buildings

Malkova S.R., Poryvaev N.S., Popov S.E., Malyshev N.S., Leonov K.V.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

The reconstruction of residential buildings with a focus on energy efficiency includes measures such as thermal insulation, modernization of heating and ventilation systems, automation, and energy consumption metering in strict compliance with regulatory requirements. In the Russian Federation, laws and regulations establish general requirements (Federal Law No. 261 “On Energy Saving,” Resolution No. 1628/2021 on energy efficiency, and standards for thermal insulation of building envelopes). In the European Union, the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, 2010/31/EU) mandates standardized calculations, certification, and regular inspection of building systems.

A typical multi-apartment residential building located in a moderately cold climate (e.g., the Moscow region) with centralized heating and conventional ventilation is considered. The main solutions include thermal insulation, condensing boilers, individual heating substations (IHS), heat pumps, ventilation with heat recovery, automation systems, and hydraulic balancing. Energy and economic efficiency, as well as payback periods (where data are unavailable, this is indicated), are evaluated.

The study reviews practical experience in the Russian Federation (including pilot residential projects), the European Union, and Eastern European countries in the field of energy-efficient renovation. Risks (technical and regulatory constraints, financing challenges, and issues of social acceptance) are identified, and recommendations for the selection and phased implementation of measures are provided.

Keywords energy efficiency, residential building reconstruction, heat supply systems, ventilation, energy saving, building insulation, individual heating substation (IHS), condensing boilers, heat pumps, heat recovery,

References

1. SP 435.1325800.2018. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Monolithic Structures. Rules for Production and Acceptance of Work. Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation, 2018.
2. SP 70.13330.2012. Load-Bearing and Enclosing Structures. Updated Edition of SNiP 3.03.01–87. Moscow, 2012.
3. GOST 10180–2012. Concretes. Methods for Determining Strength Using Control Specimens. Moscow: Standartinform, 2013.
4. GOST 18105–2018. Concretes. Rules for Strength Control and Assessment. Moscow: Standartinform, 2019.
5. Ministry of Construction of the Russian Federation. Order No. 421/pr dated August 4, 2020 “Methodology for Determining Construction Cost Estimates.”
6. Ministry of Construction of the Russian Federation. Order No. 577/pr dated July 18, 2022 “Methodology for Developing Cost Estimation Standards.”
7. State Elemental Estimate Norms (GESN). Moscow: Ministry of Construction of the Russian Federation, current edition.
8. Kudryashov, N. B. Methods for Determining Construction Cost Estimates. Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve, 2023, No. 4, pp. 15–21.
9. Ivanov, I. I. Economics of Construction: Textbook. Moscow: ASV Publishing House, 2021. 320 p.
10. Petrov, P. P. Pricing and Cost Estimation in Construction. Saint Petersburg: Piter, 2020. 256 p.
11. GOST R 7.0.5–2008. System of Standards on Information, Librarianship and Publishing. Bibliographic Reference. General Requirements and Rules of Making. Moscow: Standartinform, 2009

Возведение станций метрополитенов в глубоких котлованах (на примере станции Терехово)

Манько Артур Владимирович
доцент, к.т.н., доцент кафедры Механики грунтов и геотехники, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, MankoAV@mgsu.ru,

Малькова Анна Сергеевна
студентка, кафедра «Механика грунтов и геотехники», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет malkova_as@bk.ru

В статье рассматриваются современные методы строительства станций метрополитена на примере станции БКЛ «Терехово» в Москве. Описаны инженерно-геологические особенности площадки, включая климатические условия и типы грунтов, а также конструктивные решения, применяемые для обеспечения устойчивости глубокого котлована. Подробно изложены этапы строительства, включая использование метода «стены в грунте» и системы распорок. Кроме того, в статье представлено математическое моделирование процессов, происходящих во время строительства, с использованием метода конечных элементов, что позволяет более точно оценить нагрузки и деформации конструкций. Введение новых технологий и методов строительства направлено на минимизацию влияния на городскую инфраструктуру и повышение безопасности работ.

Ключевые слова: метод конечных элементов, математическое моделирование, инженерно-геологические условия, станция метрополитена, глубокий котлован.

1. Введение

Современное метростроение, особенно в крупных городах, всё чаще отдаётся предпочтение возведение станции метро открытому способу работ в глубоких котлованах. Он доминирует над станциями, возведенными классическим, горным способом [1]. Независимо от способа возведения станций тоннели, связывающие эти станции в единую сеть, обычно прокладывают закрытым (щитовым) способом, чтобы свести к минимуму вторжение в жизнь мегаполиса. В последние же годы наметилась явная тенденция к возведению станций в глубине – в глубоких котлованах, то есть открытым способом, но на глубинах, на которых ранее станции возводились закрытым способом [2].

Причины этого явления – необходимость нырять под плотный ковёр коммуникаций и фундаментов, преодолевать сложные грунты. Глубокий котлован – это контролируемое пространство, где можно обеспечить стабильность стен и надёжную защиту для окружающих зданий, стоящих на поверхности [3].

Искусство возводить подземные сооружения в таких глубинных выработках – не ново. Оно давно используется при создании [4, 5]:

- многоуровневых паркингов,
- подземных этажей торговых и деловых центров,
- сложных транспортных узлов.

Поэтому данный способ строительства применяется в метростроении повсеместно не только в Москве, но и в других городах, например в Нижнем Новгороде при проектировании строительства станции Сенная [6]. В связи с этим строительство станции Терехово (рабочее название Мнёвники) изначально предполагалось вести в глубоком котловане [7], участок строительства находится в СЗАО г. Москвы. Рассмотрим подробнее о способе возведения станции Терехово в глубоком котловане.

2. Материалы и методы

2.1. Инженерно-геологические особенности возведения станции

Территория поймы реки Москвы характеризуется умеренным континентальным климатом с выраженной сезонностью температур и осадков. Минимальная среднемесячная температура января составляет около минус 7,8°С, максимальная июльская достигает плюс 18,7°С. Среднегодовое количество атмосферных осадков – порядка 690 мм. Указанный климатический режим оказывает влияние на особенности эксплуатации строительной техники, сроки проведения земляных работ и требования к материалам ограждающих конструкций.

Географически площадка располагается на территории, включающей флювиогляциальную равнину, древнюю аллювиальную террасу и долину реки Москвы. Глубже изученных горизонтов (до 80 метров) выявлены следующие типы пород:

- Техногенные образования (результаты предыдущих антропогенных воздействий);
- Аллювиальные отложения (образованы водными потоками);
- Моренные породы ледникового происхождения;
- Флювиогляциальные отложения (ледниковые потоки, смешанные с водой);
- Коренные горные породы, формирующие фундамент местности.

Подземные воды представлены несколькими водоносными горизонтами, каждый из которых обладает индивидуальными гидрогеологическими характеристиками:

- Надъюрский водоносный комплекс в аллювиальных отложениях современного и верхнечетвертичного возраста, во флювиогляциальных отложениях среднечетвертичного возраста, в отложениях нижнего мела и волжских отложениях верхнеюрского возраста;
- Бат-келловейский водоносный горизонт в отложениях верхне-среднеюрского возраста;
- Водоносный комплекс в верхне-среднеюрских и среднекаменноугольных отложениях.

2.2. Конструктивные решения котлована

Глубокий котлован предназначен для размещения станционной структуры метрополитена. Его основные параметры:

- максимальная глубина – 29,57 метра (абсолютная отметка дна 97,019 м);
- размеры в плане – 30 × 176,3 метра.

Устойчивость котлована обеспечивается ограждением котлована типа «стена в грунте». Конструкция ограждения толщиной 800 мм выполнена из железобетона класса В25. Для предотвращения деформации стен и повышения общей стабильности предусмотрено крепление четырёхуровневой системой распорок, выполненных из стальных труб разного диаметра (Ø630х10мм, Ø720х10мм, Ø820х8мм, Ø820х10мм, Ø920х10мм, Ø920х8мм, Ø1020х10мм, Ø1120х12мм, Ø920х10мм) и металлических профилей-двутавров 55Б1. Такая схема обеспечивает равномерное распределение нагрузок и предотвращает чрезмерные прогибы стенок.

Процесс устройства котлована с использованием технологии «стена в грунте» включает следующие этапы:

1. Возведение ограждения типа «стена в грунте»: работы начинаются с поверхности, формируя непрерывную железобетонную стену, служащую ограждением котлована.
2. Устройство распорной системы: производится поэтапная разработка грунта в пределах ограждения. На соответствующих этапах строительства котлована устанавливается распорная конструкция, обеспечивающая устойчивость стен ограждения под действием бокового давления грунта.
3. Устройство фундаментной плиты: после достижения проектной глубины котлована производится армирование и бетонирование монолитной железобетонной плиты.
4. Обратная засыпка пазух: после завершения основных строительных работ внутри котлована, включая возведение подземных конструкций и устройства гидроизоляции, выполняется обратная засыпка грунта в пазухах между стеной ограждения и конструкциями здания.

Поэтапное выполнение работ позволяет минимизировать риски обрушения грунта и деформации окружающих сооружений.

Схема котлована представлена на рис. 1.

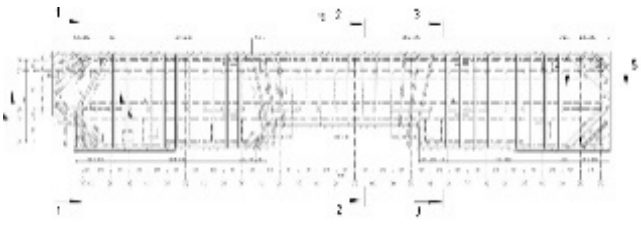


Рис. 1. – Схема котлована при строительстве станции Терехово

2.3. Математическое моделирование глубокого котлована.

Расчет выполнялся методом конечных элементов (МКЭ) в двумерной постановке с применением специализированного программного комплекса PLAXIS [8]. Такой подход позволяет учитывать реальные физико-механические свойства грунтов и конструкций, а также динамику изменения нагрузок в процессе строительства. Используемая расчетная модель основана на теории упругопластического поведения материала по критерию Мора-Кулона, учитывающего сопротивление сдвиговым нагрузкам и предел текучести грунтов [9].

Процесс моделирования осуществлялся пошагово, начиная с первоначального напряженно-деформированного состояния массива грунта и заканчивая полным возведением конструкций и последующим демонтажом временных распорных систем. На каждом этапе рассчитывались воздействия следующих видов нагрузок: статические нагрузки от веса самого грунта; нагрузки от строительного оборудования и механизмов; временные нагрузки от хранения стройматериалов; дополнительные внешние нагрузки от близлежащих зданий и сооружений. Такой подход обеспечивал высокую точность оценки реальных усилий и деформаций в элементах конструкции. Коэффициент понижения прочности интерфейса принят в соответствии с СП 22.13330.2016 п.9.16 и таблицы 9.1. На рис. 2 представлен один из поперечных разрезов котлована, на котором представлена схема распорной системы.

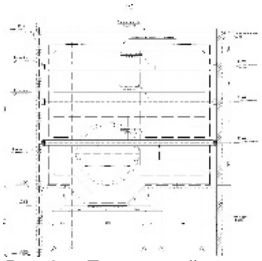
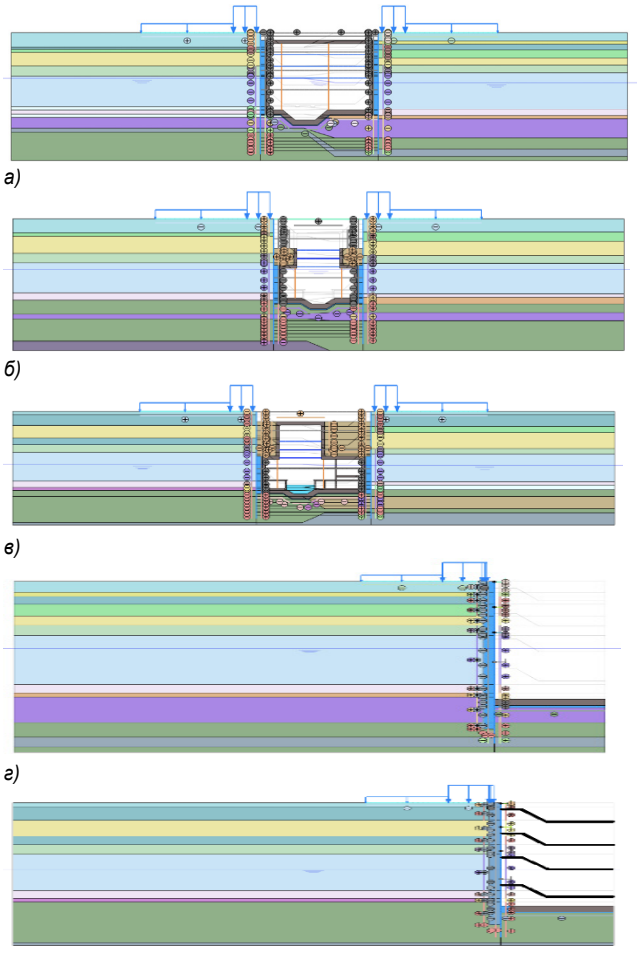


Рис. 2. – Поперечный разрез котлована 1-1.

На рис. 3 представлены расчетные схемы с 1-1 по 5-5: схемы с 1-1 до 3-3 даны полностью в связи с трудностями представления расчетной модели, а разрезы 4-4 и 5-5 даны по поперечной оси симметрии. Технологически в районе разрезов 1-1, 2-2, 3-3 возведение котлована ведется без использования грунтовых берм, которые присутствуют в районе разреза 4-4 и на торцах котлована – разрез 5-5.



а)

б)

в)

г)

д)

Рис. 3. – Общие виды расчетной схемы: а) разрез 1-1, б) разрез 2-2, в) разрез 3-3, г) разрез 4-4, д) разрез 5-5.

3. Результаты исследования

В результате была проведена серия численных экспериментов. Результаты показали, что принятые конструкционные решения обеспечивают высокий уровень надежности и прочности. Согласно нормам СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции», проверка показывает, что коэффициенты запаса варьируются от 1,00 до 1,28 для продольных поясов и достигают значений от 1,47 до 3,04 для распорных конструкций. Более детальное исследование отдельных критически важных соединений выявило возможность возникновения локальной концентрации напряжений, после чего были приняты меры усиления этих участков дополнительными ребрами жесткости.

Наиболее нагруженная зона конструкции (сечение 1-1) подверглась дополнительному расчету по правилам СП 63.13330.2012. Здесь было принято следующее решение: поперечное сечение железобетонной балки выбрано 1000×600 мм; армирующий каркас выполнен из арматуры класса А500. Проведение проверки по критериям предельного момента сопротивления и допустимым деформациям показало коэффициент использования всего лишь 0,999 и 0,981 соответственно. Это означает, что выбранное армирование эффективно работает практически на грани допускаемых норм, однако остаётся достаточный запас прочности, исключающий риск разрушения даже при экстремальных нагрузках.

На рис. 4 представлена окончательная сводная диаграмма усилий в распорной системе по разрезам 1–1, 2–2, 3–3. По оси абсцисс цифры указывают на номер уровня распорной системы. Анализ полученных графиков указывает на то, что четвертый уровень распорок существует в основном только для «страховки» третьего яруса, где, несмотря на большой диаметр труб, максимально предельные (по материалу) усилия в них.

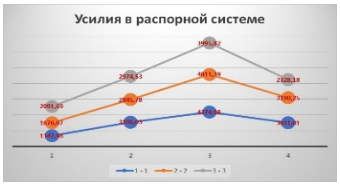
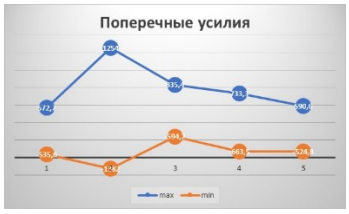


Рис. 4. – Усилия в распорной системе котлована.

На основе проведенного численного моделирования также были построены графики распределения изгибающих моментов *M*, поперечных усилий *Q* и осевых нагрузок в стене в грунте (рис.5).

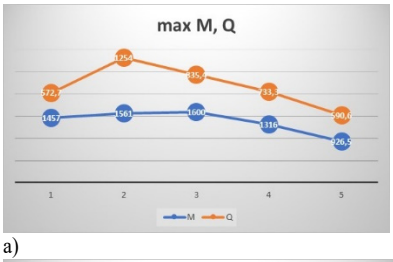
а)



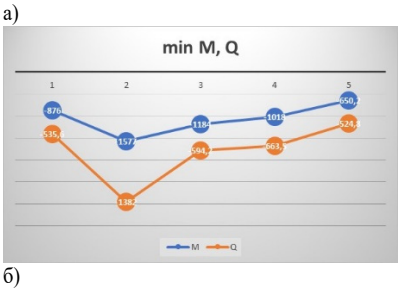
б)

Рис. 5. – Усилия в стене в грунте: а) график эпюр □, б) график эпюр Q.

Эпюры *M* и *Q* построены по минимальным – сжимающим и максимальным – растягивающим значениям. Номера по оси абсцисс указывают на номер разреза проведенного моделирования. По анализу графиков можно сделаться вывод о том, что характер полученных эпюр изгибающих моментов и поперечных усилий в сечении 2–2 не совпадает с остальными значениями. Для более детального анализа необходимо сравнить минимальные и максимальные значения *M* и *Q* в одном графике (рис.6).



а)



б)

Рис. 6. – Сводные графики эпюр усилий в стене в грунте: а) максимум *M* и *Q*, б) минимум *M* и *Q*.

По графикам видно, что в сечении 2–2 будут самые большие сжимающие усилия и при этом это самая узкая часть котлована. Хотя в данном сечении усилия в распорной системе не являются самые большие. Все из-за технологических нагрузок от оборудования, временной дороги или зданий, расположенных рядом с рассматриваемым сечением. Следовательно полученные данные ни в коем случае не связаны с самой конструкцией котлована.

Если сравнить результаты *M* и *Q* сечений 1–1 и 2–2, то видно, что результаты в стене в грунте и в распорной системе по характеру одинаков, по значениям – близок. Следовательно, можно считать, что основная цель исследования достигнута: доказана возможность возведения станции метрополитена в глубоких котлованах на примере станции БКЛ Терехово.

4. Выводы

1. В современном метростроении всё большее распространение получает возведение станций метро в глубоких котлованах открытым способом. Такой подход позволяет обеспечить высокую безопасность и стабильность в условиях плотной городской застройки и сложных грунтов.

2. Для обеспечения устойчивости глубокого котлована применяется ограждение типа «стена в грунте» и многоуровневая система стальных распорок, что позволяет равномерно распределять нагрузки и предотвращать деформации.

3. Математическое моделирование методом конечных элементов подтвердило эффективность выбранных конструктивных решений. Расчёты показали, что все элементы конструкции обладают достаточным запасом прочности и соответствуют действующим строительным нормам.

4. Анализ распределения усилий выявил зоны с повышенной концентрацией напряжений, для которых были предложены меры по усилению конструкции. Это позволило повысить надёжность и долговечность сооружения.

5. В результате исследования доказана техническая возможность и безопасность строительства станции метрополитена в глубоких котлованах на примере станции «Терехово». Все этапы проектирования и строительства сопровождаются строгим контролем и расчётами, что минимизирует риски для окружающей застройки и обеспечивает устойчивость объекта.

Литература

1. Ибрагимов Р. А. Технология и организация возведения подземных сооружений / Р. А. Ибрагимов, И. Х. Галиев, Д. Г. Имайкин. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – 295 с.

2. Главатских В. А. Строительство метрополитенов / В. А. Главатских, В. С. Молчанов ; под ред. В. А. Главатских. – М.: Маршрут, 2006. – 678с.

3. Геотехническое обоснование строительства ограждения подземного сооружения глубокого котлована в условиях Г. Хабаровска / С. А. Кудрявцев, В. Н. Парамонов, А. В. Кажарский, А. Н. Шкуратов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=16704

4. Мустакимов В. Р. Мониторинг устойчивости зданий и ограждения глубокого котлована после длительного периода временной приостановки строительства / В. Р. Мустакимов // Евразийский союз ученых. – 2018. – № 4-1(49). – С. 41-46.

5. Беспалов А. Е. Учет технологии устройства буронабивных свай в расчетах устойчивости ограждения глубокого котлована / А. Е. Беспалов // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 6. – С. 263-265.

6. Алхимова Н. В. Метро Нижнего Новгорода в концепции развития экологичного электротранспорта / Н. В. Алхимова, С. В. Мазеин // Метро и тоннели. – 2024. – № 4. – С. 15-17.

7. Васильева Д. М. Новые станции БКЛ глазами экспертов и горожан / Д. М. Васильева // Молодая наука - 2024 архитектура. Строительство. Дизайн : Сборник статей XI Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Москва, 20 апреля 2024 года. – Москва: Московский гуманитарно-технологический университет - Московский архитектурно-строительный институт, 2026. – С. 245-254.

8. Chakraborty A. Liquefaction Mitigation Methods: A Comparative Study by Finite Element Simulations by PLAXIS 3D / A. Chakraborty, V. A. Sawant // Indian Geotechnical Journal. – 2025. – DOI 10.1007/s40098-025-01464-4.

9. Программные средства для расчета ограждений глубоких котлованов / А. Г. Малинин, П. А. Малинин, С. А. Чернопазов А.В. Воробьев, И.Л. Гладков // Метро и тоннели. – 2007. – № 4. – С. 32-33.

Construction of metro stations in deep excavations (on the example of Terekhovo station)

Manko A.V., Malkova A.S.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines modern methods of subway station construction using the example of the Terekhovo station on the Moscow Big Circle Line (BKL). The engineering and geological features of the site are described, including climatic conditions and soil types, as well as structural solutions applied to ensure the stability of the deep excavation. The construction stages are detailed, including the use of the *diaphragm wall* method and bracing systems. Additionally, the article presents mathematical modeling of the processes occurring during construction using the finite element method, which allows for a more accurate assessment of loads and structural deformations. The introduction of new technologies and construction methods aims to minimize the impact on urban infrastructure and enhance worksite safety.

Keywords: finite element method, mathematical modeling, engineering and geological conditions, subway station, deep excavation.

References

1. Ibragimov, R. A.. Technology and Organization of Construction of Underground Structures / R. A. Ibragimov, I. Kh. Galiev, D. G. Imaykin. – Kazan: Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, 2024. – 295 p.
2. Glavatskikh, V. A.. Construction of Subways / V. A. Glavatskikh, V. S. Molchanov; edited by V. A. Glavatskikh. – Moscow: Route, 2006. – 678 p.
3. Geotechnical Justification for Construction of Fencing for an Underground Structure of a Deep Excavation Pit in Khabarovsk / S. A. Kudryavtsev, V. N. Paramonov, A. V. Kazharsky, A. N. Shkuratov // Modern Problems of Science and Education. – 2014. – No. 6. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=16704
4. Mustakimov V. R. Monitoring the Stability of Buildings and Deep Excavation Fencing after a Long Period of Temporary Construction Suspension / V. R. Mustakimov // Eurasian Union of Scientists. – 2018. – No. 4-1(49). – Pp. 41-46.
5. Bespalov A. E. Taking into account the technology of bored piles in calculating the stability of a deep excavation fencing / A. E. Bespalov // Innovations and Investments. – 2023. – No. 6. – Pp. 263-265.
6. Alkhimova N. V. Nizhny Novgorod Metro in the Concept of Developing Eco-Friendly Electric Transport / N. V. Alkhimova, S. V. Mazein // Metro and Tunnels. - 2024. - No. 4. - Pp. 15-17.
7. Vasilyeva D. M. New BKL Stations through the Eyes of Experts and Citizens / D. M. Vasilyeva // Young Science - 2024 Architecture. Construction. Design: Collection of articles from the XI All-Russian Student Scientific and Practical Conference, Moscow, April 20, 2024. - Moscow: Moscow University of Humanities and Technology - Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering, 2026. - Pp. 245-254.
8. Chakraborty A. Liquefaction Mitigation Methods: A Comparative Study by Finite Element Simulations by PLAXIS 3D / A. Chakraborty, V. A. Sawant // Indian Geotechnical Journal. – 2025. – DOI 10.1007/s40098-025-01464-4.
9. Software for calculating the fencing of deep trenches / A. G. Malinin, P. A. Malinin, S. A. Chernopazov, A. V. Vorobyov, I. L. Gladkov // Metro and tunnels. – 2007. – No. 4. – P. 32-33.

Совершенствование оценки качества работ при возведении монолитных зданий

Махамат Хашим Киджей
магистрант, Институт промышленного и гражданского строительства,

Михайлова Елена Владимировна
к.э.н., доц., кафедра Технологии и организация строительного производства, Национальный исследовательский Московский государственный **строительный университет,** tranz-volga@yandex.ru

В статье рассматривается проблема совершенствования оценки качества работ при возведении монолитных зданий. Актуальность обусловлена высокими рисками образования дефектов, которые снижают несущую способность конструкций и требуют затратных мероприятий по усилению. На основе анализа нормативной базы и современных методов неразрушающего контроля автором предлагается интегральная шкала оценки качества монолитной конструкции, учитывающая прочностную надежность, геометрическую точность и поверхностные дефекты с дифференцированными весовыми коэффициентами, а также разработана схема контроля качества, сочетающая ультразвуковой метод с обязательной калибровкой зависимостей.
Ключевые слова: монолитное строительство, оценка качества, неразрушающий контроль, интегральный показатель, прочность бетона.

Введение

Монолитное железобетонное строительство в последние годы занимает устойчивые лидирующие позиции в сегменте возведения многоэтажных жилых и общественных зданий. Актуальность темы исследования определяется не только необходимостью обеспечения эксплуатационной надежности зданий, но и экономической выгодой. Дефекты, допущенные на этапе возведения монолитного каркаса, влекут за собой значительные затраты на последующее усиление конструкций, ремонт и компенсацию ущерба.

Анализ опыта строительства показывает, что из-за технологических нарушений нередко требуется усиление монолитных конструкций, особенно колонн [6]. А процесс деформирования конструкций каркаса за счет ползучести бетона, продолжающейся в течение 3-5 лет, при наличии скрытых дефектов может приводить к образованию трещин в стенах и перегородках. Всё это делает проблему совершенствования методов оценки качества работ при возведении монолитных зданий ключевой задачей строительной науки и практики.

Целью статьи является анализ современных подходов к оценке качества монолитных работ и обоснование направлений их совершенствования на основе данных, опубликованных в рецензируемых научных изданиях за последние пять лет.

Материалы и методы

Методологическая база исследования включает анализ нормативных требований [1] [2] [3], предъявляемых к качеству монолитных конструкций согласно действующим законодательству, сравнительный анализ традиционных и современных методов неразрушающего контроля с вычислением метрологических характеристик, изучение критериальных подходов к оценке дефектности, включая балльные и суммарные методы, позволяющие интегрировать различные виды нарушений в единую систему оценки качества.

Для систематизации данных автором были применены общенаучные методы исследования, посвященные практическим кейсам оценки технического состояния монолитных зданий. Анализировались как данные визуального осмотра (наличие трещин, оголение арматуры, раковин), так и инструментальные измерения прочности с помощью ультразвуковых приборов, молотков Шмидта и методов отрыва со скалыванием. В работе использовались данные технико-экономических сравнений монолитной технологии с альтернативными конструктивными системами, что позволило определить проблемы качества монолитного домостроения с позиции соотношения «затраты – качество – скорость».

В рамках обработки экспериментальных данных применялись методы математической статистики. В частности, коэффициент вариации прочности бетона (V) вычислялся по классическому соотношению (1):

$$V = \sigma Rm \cdot 100\% \quad (1)$$

Где σ – среднеквадратическое отклонение единичных значений прочности,

Rm – среднее арифметическое значение прочности в партии.

Данный коэффициент является ключевым показателем однородности бетона и, согласно требованиям ГОСТ 18105-2018, не должен превышать 13% для высококачественных конструкций [3]. Для оценки достоверности различий между прочностью, определенной разными методами (разрушающим и неразрушающим), использовался t-критерий Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0{,}05$.

Результаты исследования

В результате проведенного анализа можно условно разделить совершенствования оценки качества работ при возведении монолитных зданий на три направления:

– методические (разработка универсальных критериев и шкал оценки),

– инструментальные (внедрение передовых методов неразрушающего контроля),

– технологические (совершенствование процессов приготовления и укладки бетонной смеси, включая инновационные методы электрообработки).

Одним из наиболее значимых результатов исследования является выявление недостаточной эффективности существующих эмпирических методов оценки. Как отмечается в специальной литературе, не решены вопросы контроля качества выполненных работ, а именно контроля прочности бетона,

ухода за бетоном, контроля толщины защитных слоёв и армирования конструкций в целом, что ведёт к снижению надёжности здания [6].

В ответ на этот вызов исследователями предлагаются новые методики, основанные на системном подходе. Характерным примером является разработка суммарных методов оценки. Данный подход, апробированный в ходе судебных строительно-технических экспертиз, предполагает выставление баллов за каждое выявленное нарушение. Критерии оценивания разделяются на две крупные категории:

– нарушения при армировании,

– дефекты поверхности бетонной конструкции [4].

При этом значимость нарушений дифференцируется, то есть дефекты, влияющие на несущую способность (например, недобор прочности или сквозные трещины), получают наивысший балл, тогда как косметические дефекты, не представляющие угрозы, оцениваются минимально. Такая градация позволяет и констатировать факт брака, и ранжировать выявленные недостатки по степени их опасности.

В рамках настоящего исследования была разработана и апробирована шкала интегральной оценки качества монолитной конструкции, представленная в таблице 1.

Таблица 1

Интегральная шкала оценки качества монолитной конструкции

Компонент качества	Измеряемый параметр	Диапазон значений	Нормированный коэффициент (Ki)
Прочностная надежность (K_R)	Отношение фактической прочности к проектной (R_f/Rproj)	<0,90	0,00 – 0,40
		0,90 – 1,05	0,80 – 1,00
		> 1,05	0,60 – 0,80
Геометрическая точность (K_G)	Отклонение вертикали (мм на 3 м)	> 15	0,00 – 0,30
		5 – 15	0,70 – 1,00
		<5	0,90 – 1,00
Поверхностные дефекты (K_S)	Площадь раковин / каверн на 1 м² (%)	> 5%	0,00 – 0,50
		1% – 5%	0,60 – 0,90
		<1%	0,95 – 1,00

Интегральный показатель качества Q вычисляется по формуле (2):

$$Q = 0{,}6 \cdot K_R + 0{,}3 \cdot K_G + 0{,}1 \cdot K_S \quad (2)$$

Где K_R – показатель прочности,

K_G – показатель геометрической точности,

K_S – показатель состояния поверхности

Каждый из коэффициентов (K_R, K_G, K_S) нормализован в диапазоне от 0 до 1, а весовые коэффициенты (0,6; 0,3; 0,1) отражают приоритет прочности как главного фактора несущей способности.

В ходе экспериментальной проверки на 25 участках строящегося объекта значения Q варьировались от 0,44 до 0,91, что позволило классифицировать конструкции на три категории:

– «приемлемо» ($Q \geq 0{,}75$),

– «требуется контроль» ($0{,}60 \leq Q < 0{,}75$),

– «брак» ($Q < 0{,}60$).

В сфере инструментального контроля отчетливо прослеживается тенденция к отказу от субъективных методов в пользу объективных неразрушающих технологий. По данным исследований, при контроле качества бетона применяются различные методы разрушающего и неразрушающего контроля с измерением косвенных или прямых характеристик [5].

Наиболее перспективными признаны ультразвуковой метод и метод ударного импульса, которые обеспечивают высокую скорость испытаний и достаточную точность, при обязательной корректировке встроенных градуировочных зависимостей. Использование заводских настроек прибора без привязки к конкретному составу бетона и условиям твердения приводит к значительным погрешностям.

Исследование выявило, что перед испытанием необходимо обратить внимание на вопросы использования встроенных зависимостей без их корректировки, что недопустимо, участки контроля должны быть без видимых повреждений, а оценку прочности необходимо проводить только при положительной температуре бетона [5]. На рисунке 1 представлена схема организации контроля качества монолитных конструкций, которая была реализована в ходе экспериментальной части работы.

На входном контроле проверяют паспорта прочности бетона и сертификаты на арматуру. На операционный контроль фиксируют температуру наружного воздуха (*tair*), консистенцию смеси (осадка конуса, ОК), время и режим вибрирования. На приемочном контроле ультразвуковым методом определяют скорость распространения продольной волны (CL, м/с) и по градуировочной зависимости R=f(CL) оценивают фактическую прочность. После этого вычисляют интегральный показатель Q. Предложенная схема была апробирована на строящемся объекте и позволила снизить долю скрытых дефектов на 22% по сравнению с традиционной схемой выборочного контроля.

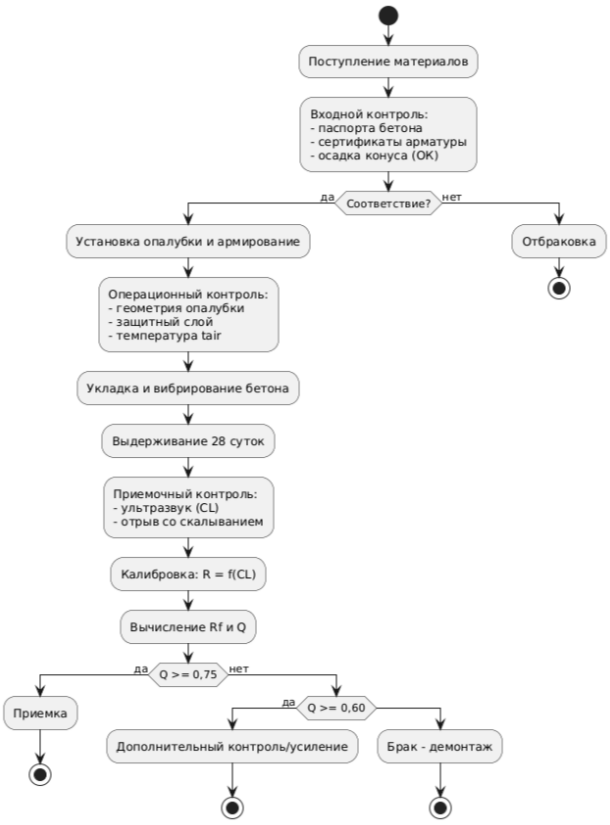


Рисунок 1 - Организация операционного и приемочного контроля качества

Результаты анализа показывают, что для сейсмически опасных и северных регионов монолитная технология остается предпочтительной благодаря своей пространственной жесткости, однако применительно к условиям плотной городской застройки и типового жилья именно сборно-монолитные и модульные технологии выходят на первый план по критерию предсказуемости результата [4], что заставляет по-новому взглянуть на критерии оценки качества, так как качество перестает быть чисто строительной категорией, становясь элементом управления инвестиционными рисками.

Выводы

Современная практика оценки качества монолитных работ требует перехода от разрозненных замеров к системным суммарным методам. Предложенный интегральный показатель и приведенная шкала оценок позволяют учитывать не только прочностные характеристики бетона, но и геометрическую точность, а также состояние поверхности. Дифференцированный подход к весовым коэффициентам, приоритет прочности, повышает обоснованность экспертных заключений.

Ключевым фактором достоверности контроля является корректное применение неразрушающих методов. Полученные данные подтверждают, что использование ультразвуковых приборов без построения и корректировки градуировочных зависимостей приводит к недопустимым погрешностям. Строительные лаборатории должны быть оснащены современным оборудованием, а специалисты – обладать компетенциями в области метрологии. Наиболее рациональным алгоритмом оценки прочности следует признать комбинацию метода отрыва со скалыванием, как наиболее точного прямого метода, с ультразвуковым сквозным прозвучиванием для оценки однородности материала на больших объемах. Положительный эффект от внедрения предложенной системы контроля выразился в снижении доли скрытых дефектов на 22% по итогам экспериментальной апробации.

Экономически и технологически обоснованным является применение гибридных конструктивных решений. Полный отказ от монолита в пользу сборных конструкций не всегда оправдан из-за высокой стоимости и потери целостности каркаса. Однако замена наиболее трудоемких вертикальных элементов (колонн, диафрагм жесткости, лестниц) на сборный железобетон заводского изготовления позволяет снизить трудоемкость, сократить сроки строительства и повысить категорию качества поверхности без увеличения сметной стоимости. Следовательно, оценка качества монолитных работ должна дополняться этапом оптимизации конструктивной схемы здания.

Таким образом, совершенствование оценки качества при возведении монолитных зданий лежит в плоскости методологической стандартизации, внедрение интегральных критериев с весовыми коэффициентами, технического перевооружения служб контроля, внедрение ультразвуковых приборов с калибровкой по месту, и разумной гибридизации технологии, комбинирование монолитных и сборных элементов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку отраслевых стандартов по применению электрообработки бетона в строительных условиях, а также на создание цифровых систем мониторинга качества с использованием методов машинного обучения для прогнозирования дефектов на ранних стадиях твердения бетона.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 29.12.2025) [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040 (дата обращения: 15.02.2026).
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2015 г. N 1378-ст) – Москва: Стандартинформ. – 2016. – 32 с.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 18105-2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 апреля 2019 г. N 130-ст) – Москва: Стандартинформ. – 2019. – 28 с.
4. Аманбаев, А. М. Сравнительный анализ монолитной железобетонной и модульной технологий строительства// Молодой ученый. — 2026. — № 9 (612). — С. 32-35.
5. Дехтерев, Д. С. Оценка применяемых методов контроля прочности бетона при обследовании технического состояния монолитных зданий // ИВД. – 2025. – №6 (126). – С. 1-9
6. Саркисов, Д. Ю. Обследование технического состояния оригинальных конструкций монолитных железобетонных перекрытий // Вестник ТГАСУ. – 2025. – №2. – С. 138-150.

Improving the quality assessment of work in the construction of monolithic buildings

Makhamat Kh.K., Mikhailova E.V.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses the problem of improving the assessment of the quality of work in the construction of monolithic buildings. The relevance is due to the high risks of defects, which reduce the load-bearing capacity of structures and require costly reinforcement measures. Based on the analysis of the regulatory framework and modern methods of non-destructive testing, the author proposes an integral scale for assessing the quality of a monolithic structure, taking into account strength reliability, geometric accuracy and surface defects with differentiated weight coefficients, as well as a quality control scheme combining the ultrasonic method with mandatory calibration of dependencies.

Keywords: monolithic construction, quality assessment, non-destructive testing, integral indicator, concrete strength.

References

1. 1. Urban Planning Code of the Russian Federation of 29.12.2004 N 190-FZ (as amended on 29.12.2025) [Electronic resource]/ – Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040 (date of reference: 02/15/2026).
2. Interstate standard GOST 22690-2015 "Concretes. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing" (put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 25, 2015 No. 1378-st) - Moscow: Standartin-form. - 2016. – 32 p.
3. Interstate standard GOST 18105-2018 "Concrete. Rules for Strength Control and Assessment" (put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology No. 130-st dated April 12, 2019) – Moscow: Standartinform, 2019, 28 p.
4. Amanbayev, A.M. Comparative analysis of monolithic reinforced concrete and modular construction technologies// A young scientist. — 2026. — № 9 (612). — Pp. 32-35.
5. Dekhterev, D. S. Evaluation of the applied methods of concrete strength control during the inspection of the technical condition of monolithic buildings.. – 2025. – №6 (126). – Pp. 1-9
6. Sarkisov, D. Y. Inspection of the technical condition of the original structures of monolithic reinforced concrete floors // Bulletin of TSASU. – 2025. – No. 2. – pp. 138-150.

Факторы, влияющие на формирование проектирования велнес-центров в городах-курортах, обладающих статусом локального центра

Балакина Алевтина Евгеньевна
кандидат архитектуры, зав. кафедрой "Архитектура", Московский государственный строительный университет, balakinaae@mail.ru,

Махно Ангелина Анатольевна
магистрант, Научно-исследовательский Московский государственный строительный университет, angelina.makhno@inbox.ru

В статье анализируются культурно-религиозные, ландшафтно-климатические, экологические, градостроительные и социально-экономические факторы которые влияют на формирование современных велнес-центров. Обращение к теме объектов оздоровительного назначения обусловлено увеличением туристического потока и спроса на отдых с целью улучшения ментального и физического здоровья. Цель исследования заключается в систематизации и формировании факторов проектирования велнес-центров. Предметом данного исследования выступает выборка прикладных принципов зарубежного и отечественного опыта проектирования, а также исторический анализ проектирования объектов оздоровительного назначения. Научная новизна исследования заключается в следующем: велнес-центры рассматриваются, как самостоятельная типологическая группа с высоким адаптационным потенциалом, нуждающимся в определении факторов и принципов проектирования, для дальнейшей разработки нормативных документов. Сформированная авторами система факторов позволяет обосновать принципы деликатного встраивания велнес-центров в существующую городскую среду курортов без утраты их аутентичности. Полученные результаты могут служить основой для разработки региональных градостроительных нормативов и методических рекомендаций по проектированию оздоровительных объектов в локальных центрах туризма.

Ключевые слова: велнес-центры, города-курорты локального уровня, факторы проектирования, культурно-религиозные, ландшафтно-климатические, экологические, градостроительные и социально-экономические факторы, адаптационный потенциал, аутентичность среды, типология оздоровительных объектов.

Введение

Современная парадигма развития курортно-рекреационных территорий претерпевает значительные изменения, обусловленные смещением потребительского спроса с традиционных форм санаторно-курортного лечения в сторону программ велнес (wellness), интегрирующих физическое и ментальное здоровье [23].

Рост туристического потока в города-курорты, особенно имеющие статус локального центра, актуализирует задачу формирования специализированной архитектурной типологии — велнес-центров, способных функционировать как самостоятельные градостроительные элементы в структуре сложившейся

застройки [4].

Вместе с тем, проектирование данных объектов в условиях локальных курортов сталкивается с рядом противоречий. С одной стороны, требуется высокая адаптивность и соответствие современным функциональным стандартам; с другой — необходимо сохранение аутентичности городской среды, ее культурно-ландшафтного своеобразия [17].

Отсутствие систематизированных знаний о факторах, определяющих размещение велнес-центров, приводит к снижению их инвестиционной привлекательности и интеграционного потенциала. Цель данного исследования — систематизация и выявление комплекса факторов, влияющих на архитектурно-планировочное формирование велнес-центров в городах-курортах локального уровня.

Основная часть

В современной градостроительной науке проектирование объектов оздоровительного назначения требует комплексного подхода, учитывающего многообразие природных, социальных и экономических условий территории. Для городов-курортов, обладающих статусом локального центра, эта задача приобретает особую актуальность, поскольку именно здесь формируется уникальная среда, сочетающая рекреационный потенциал с ограниченными ресурсами развития.

Велнес-центры как новая типологическая единица нуждаются в выявлении и систематизации факторов, определяющих их архитектурно-планировочные решения.

Анализ зарубежного и отечественного опыта позволяет выделить пять основных групп таких факторов, каждая из которых вносит специфический вклад в формирование облика и функциональной структуры велнес-центров в локальных курортных центрах [4] (Рис. 1).

Рис. 1. Схема основных факторов, влияющих на формирование современного велнес-центра.

2.1. Культурно-религиозные факторы

Культурно-религиозные традиции региона оказывают существенное влияние на формирование архитектуры велнес-центров, определяя как функциональный состав, так и образные решения зданий. Как отмечает

А.Н. Корякина, «в современном понимании велнес трактуется как хорошее самочувствие, высокий жизненный тонус, благосостояние ... при этом велнес-философия подразумевает не только физическое, но и эмоциональное, интеллектуальное, духовное, социальное здоровье и гармонию» . Это понимание здоровья как целостного феномена, укорененное в культурных традициях различных народов, напрямую транслируется в архитектурные решения [1].

Национальные особенности проецирования велнес-культуры наиболее ярко проявляются в банно-купальной составляющей комплексов. Исследования показывают, что «в состав отделений включаются различные типы бань: хаммам, русская и финская бани, японские бани сэнто и фуро, максимально близкие интерпретации которых создаются за счет функционально-планировочных решений, соответствующих ходу принятия банных процедур в каждой из используемых традиций» . Для локальных курортных центров России характерно преобладание русской и финской банных традиций, однако в регионах с мусульманским населением может возрастать роль хаммама, что требует дифференцированного подхода к проектированию [6, 7].

Мировой опыт демонстрирует примеры осмысленного включения культурных кодов в архитектуру wellness-объектов. Так, в проекте Physical Healing Resort в Саудовской Аравии «архитектурный дизайн курорта отражает его приверженность холистическому здоровью, вдохновленный тремя направлениями заботы: физической, ментальной и социальной» . Форма здания в виде трехконечной звезды, повторяющая контуры горного ландшафта и символизирующая три принципа целостного здоровья, демонстрирует, как культурно-философские установки могут становиться формообразующим фактором [8, 9].

В локальных курортных центрах России, как подчеркивается в исследовании Н.Н. Строевой, «выделены национальные особенности по расположению в зонах городской среды, классу обслуживания, способу интеграции в городскую среду, наличию озелененных пространств, функциональным блокам, преобладающей функциональной схеме» [2].

Это подтверждает, что культурный контекст является не факультативным, а системообразующим фактором проектирования велнес-центров, особенно в локальных центрах, где идентичность территории выступает важным ресурсом привлечения туристов.

2.2. Ландшафтно-климатические факторы

Природные условия территории — рельеф, климат, гидрология, растительность — являются фундаментальными ограничителями и одновременно ресурсами для формирования велнес-центров. [12, 13].

Для локальных курортных центров, часто расположенных в живописной, но пересеченной местности, анализ рельефа приобретает особое значение. Методика включает «построение обобщенного рельефа местности на основе топографических данных», «составление карты уклонов» с классификацией «от слабых до очень крутых, с диапазонами от менее 5 до более 50 %», а также «визуальный и пространственный анализ территории для выявления элементов, определяющих условия восприятия градостроительного объекта» [15].

Такой подход позволяет дифференцировать территорию на зоны с благоприятными, допустимыми и неблагоприятными условиями для застройки, что особенно важно при ограниченных площадях локального курортного центра. На основе города-курорта, имеющего статус локального центра, Пятигорск проведен природно-климатических анализ, который способствует раскрытию градостроительного потенциала и способности выделить преимущества и недостатки при проектировании на данной территории типологии велнес(wellness) объектов. (Рис. 2)

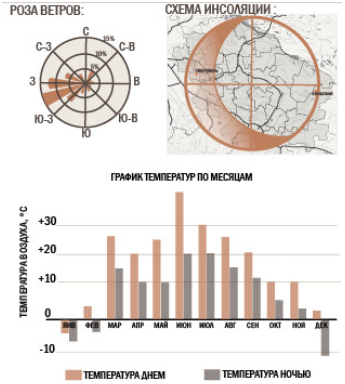


Рис. 2. Природно-климатический анализ города Пятигорск. (роза ветров, схема инсоляции, график температур по месяцам).

Климатические особенности региона также диктуют объемно-планировочные решения. Для локальных курортов, расположенных в различных климатических зонах России — от черноморского побережья до среднегорья Северного Кавказа — это означает необходимость адаптации решений: развитие открытых террас и наружных бассейнов в теплых регионах и создание защищенных атриумных пространств в условиях холодного или ветреного климата [12].

Ландшафтно-климатический фактор в этом контексте выступает не только как ограничение, но и как ключевой ресурс позиционирования: уникальные природные особенности локального центра — термальные источники, грязевые озера, целебный климат — становятся основой конкурентного преимущества.

2.3. Экологические факторы

В современном архитектурном дискурсе экологическая устойчивость (sustainability) перестала быть факультативным дополнением и превратилась в обязательное требование при проектировании рекреационных объектов, особенно в чувствительных курортных зонах. Экологические факторы включают требования к энергоэффективности, использованию возобновляемых источников энергии, управлению водными ресурсами, сохранению биоразнообразия и минимизации воздействия на окружающую среду (Рис. 3) [13].

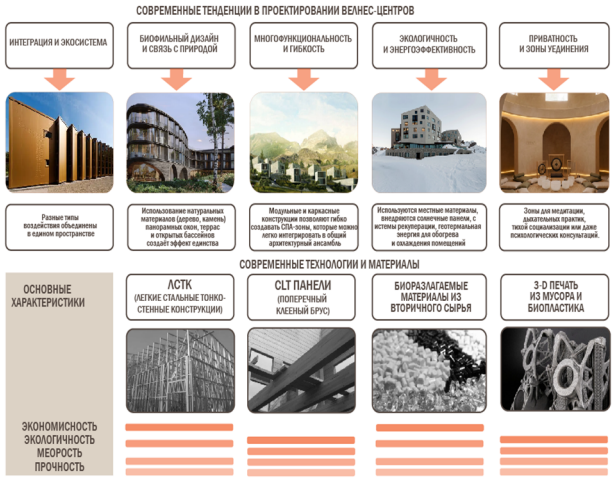


Рис. 3. Современные тенденции в проектировании велнес-центров. Современные технологии и материалы.

Для локальных курортных центров России, многие из которых расположены в особо охраняемых природных территориях или зонах с высоким рекреационным давлением, экологические требования приобретают критическое значение.

Управление водными ресурсами также является ключевым экологическим аспектом. В проекте в Санье «весь ливневый сток с крыш собирается в подземные резервуары и используется для капельного орошения местных растений; фильтрованная серая вода повторно используется для смыва в туалетах» . Такие решения особенно актуальны для локальных курортов в засушливых или вододефицитных регионах [8, 14].

Экологический фактор, таким образом, тесно переплетается с экономической целесообразностью и сохранением культурного наследия, что особенно значимо для локальных центров с ограниченными инвестиционными ресурсами.

2.4. Градостроительные факторы

Интеграция велнес-центров в существующую ткань города-курорта локального уровня представляет собой сложную градостроительную задачу. В отличие от крупных курортных центров, где возможно создание автономных рекреационных зон, в локальных городах велнес-объекты должны вписываться в сложившуюся застройку, транспортную инфраструктуру и социальный ландшафт (Рис. 4) [16, 17].

Мировой опыт демонстрирует различные стратегии такой интеграции. Исследование Н.Н. Строевой, охватывающее практику проектирования в России, США, Индии, Южной Корее, Австралии, Китае, Канаде, Японии и странах Евросоюза, позволило выделить различные «способы интеграции в городскую среду» [4].

Для локальных курортных центров ключевое значение имеет доступность велнес-центра для различных групп пользователей — как гостей курорта, так и местных жителей. Градостроительное положение

велнес-центра — его связь с гостиничной инфраструктурой, центральными достопримечательностями, пешеходными маршрутами — непосредственно влияет на его экономическую эффективность.

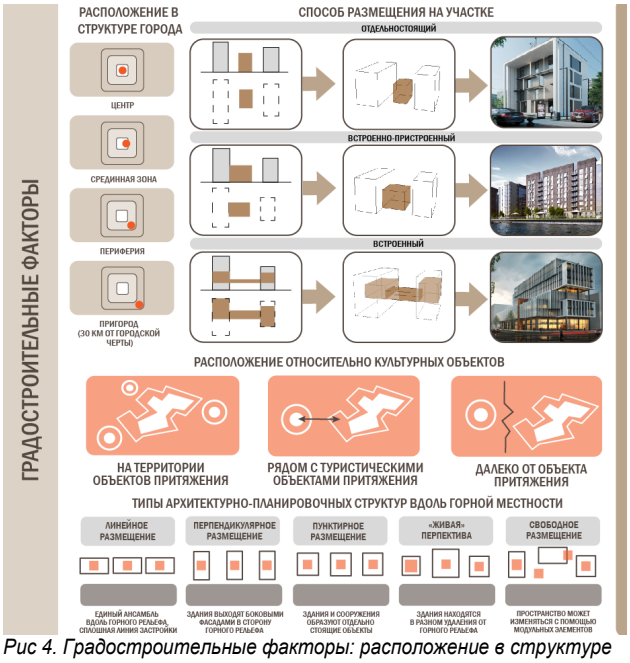


Рис 4. Градостроительные факторы: расположение в структуре города, способы размещения на участке, расположение относительно культурных объектов.

Локальные курорты России сталкиваются с вызовом: советская санаторно-курортная инфраструктура часто не соответствует современным требованиям к велнес-объектам. Как подчеркивает эксперт, «создание премиальных велнес-курортов в пригородах практически любого российского города-миллионника является очень перспективным для девелопмента и санаторного бизнеса направлением, даже в нестандартных ранее для курортологии местах» [16].

Для локальных центров, которые часто находятся в зоне влияния крупных городов-миллионников, это открывает возможность позиционироваться как «ближний» рекреационный пояс, что требует соответствующего градостроительного развития транспортных коридоров и придорожной инфраструктуры.

2.5. Социально-экономические факторы

Социально-экономические условия функционирования локального курортного центра определяют инвестиционную привлекательность, целевые сегменты потребителей и, как следствие, класс, состав услуг и масштаб велнес-центра. Эти факторы включают демографические характеристики региона, уровень доходов населения, туристический поток, доступность квалифицированных кадров и инвестиционный климат.

Российский рынок показывает устойчивый рост спроса на wellness-услуги: «спрос на санаторно-курортные услуги с 2020 до 2024 года вырос на 84% — с 3,9 до 7,2 млн человек» [23].

С точки зрения функционального состава велнес-центра, анализ зарубежных требований, адаптированных Венгерской ассоциацией велнеса, показывает минимальный набор: «крытый бассейн, два различных типа бань, четыре различные косметологические услуги, шесть видов массажных и релаксационных процедур, кардиологическое оборудование и фитнес-зал, четыре различные спортивные программы свободного времени ... три общественные программы» . При этом авторы подчеркивают, что «для спа-комплексов характерна более узкая специализация ... в то время как велнес-центр имеет расширенный требуемый состав, и его главным отличием ... является обязательное наличие программ развлекательного характера» [25].

Таким образом, социально-экономический фактор влияет не только на масштаб, но и на саму типологическую принадлежность проектируемого объекта.

Выводы по основной части

1. Систематизация факторов, влияющих на проектирование велнес-центров в городах-курортах локального уровня, позволяет сделать следующие выводы:

2. Культурно-религиозные факторы определяют не только функциональный состав (набор бань, типы процедур), но и архитектурно-образные решения, базирующиеся на локальных традициях понимания здоровья и телесности [1, 9]

3. Ландшафтно-климатические условия выступают как ограничителями, так и ресурсами — их осмысленное использование позволяет создавать уникальные конкурентные преимущества локального курорта [12, 13].

4. Экологическая устойчивость становится обязательным требованием, особенно для курортных зон с высоким рекреационным давлением; адаптивное повторное использование существующих зданий представляет оптимальную стратегию [14, 19].

5. Градостроительная интеграция велнес-центра в ткань локального города требует учета сложившейся застройки, транспортной доступности и сценариев времяпровождения различных групп пользователей [4, 16].

6. Социально-экономические условия определяют инвестиционный потенциал, целевые сегменты и, как следствие, масштаб и класс велнес-центра; дефицит квалифицированных кадров в локальных центрах требует специальных проектных решений [3].

Выявленные факторы не действуют изолированно — они образуют сложную систему взаимосвязей. Например, ландшафтно-климатические условия (наличие термальных источников) могут становиться основой экономической специализации, а культурные традиции — определять экологические приоритеты (например, бережное отношение к священным рощам вокруг источников). Учет этой системности является необходимым условием успешного проектирования велнес-центров, способных органично встраиваться в среду локального курорта без утраты его аутентичности.

Литература

1. Корякина, А. Н. Особенности формирования архитектуры спа-комплексов и велнес-центров в России и за рубежом / А. Н. Корякина. – Текст : непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2008. – № 1. – С. 67–71.

2. Строева, Н. Н. Разработка универсальной функциональной модели велнес-центра на основе анализа планировочной структуры / Н. Н. Строева. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2018. – № 10. – С. 80–90. – ISSN 0536-1052.

3. Строева, Н. Н. Архитектурно-типологические принципы формирования велнес-центров : специальность 05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Н. Н. Строева. – Москва, 2019. – 24 с.

4. Строева, Н. Н. Анализ зарубежного и отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации велнес-центров / Н. Н. Строева. – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – № 1 (46). – С. 17. – URL: http://marhi.ru/AMIT/2019/1kvart19/17_stroeva/ (дата обращения: 02.05.2026).

5. Зауральская, А. В. Особенности архитектурно-планировочной организации современных комплексов рекреационных заведений. Тенденции их развития / А. В. Зауральская, Ю. В. Воронина. – Текст : непосредственный // Исторический опыт и современные тенденции развития архитектуры, дизайна, градостроительства и изобразительного искусства : сборник научных трудов по материалам Всеукраинской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Полтава, 20–22 мая 2013 года. – Полтава : ПолтНТУ, 2013. – Т. 1. – С. 234–239.

6. Спицына, Д. С. Принципы индийской философии в учении о здоровье человека – аюрведы / Д. С. Спицына. – Текст : непосредственный // Форум молодых ученых. – 2018. – № 2 (18). – С. 496–499.

7. Целуйко, Д. С. Влияние религий востока на садово-парковое искусство Китая / Д. С. Целуйко, В. И. Лучкова. – Текст : непосредственный // Новые идеи нового века : материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2016. – Т. 1. – С. 346–350.

8. Pranajaya, I. K. The Significance of Cultural, Religious, and Sustainability Symbols in the Revitalization of Architects and Temple Interiors at Luhur Batukau Temple in Bali / I. K. Pranajaya, N. K. A. Dwijendra, I. P. O. Swiranatha, N. M. E. N. Dewi. – Текст : электронный // Civil Engineering and Architecture. – 2025. – Vol. 13, No. 3A. – P. 2601–2619. – DOI: 10.13189/cea.2025.131330.

9. Pranajaya, I. K. The Domination of Cultural and Symbolic Capital in the Preservation of Temple Heritage Architecture through a Restoration Approach in Bali, Indonesia / I. K. Pranajaya. – Текст : электронный // Civil Engineering and Architecture. – 2021. – Vol. 9, No. 6. – DOI: 10.13189/cea.2021.090608.

10. Каримов, У. Н. Садово-парковое искусство древнего востока / У. Н. Каримов, Н. Б. Кадирова, Х. А. К. Акрамова. – Текст : непосредственный // Молодежь и XXI век – 2016 : материалы VI Международной молодежной научной конференции : в 4 т. / ответственный редактор А. А. Горохов. – Москва, 2016. – С. 245–247.

11. Kellert, S. R. Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life / S. R. Kellert, J. H. M. M. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2011. – 400 p. – ISBN 978-0470163344.

12. Bennetts, H. Understanding Sustainable Architecture / H. Bennetts, A. Radford, T. Williamson. – London : Taylor & Francis, 2003. – DOI: 10.4324/9780203217290.

13. Geissdoerfer, M. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? / M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. M. P. Bocken, E. J. Hultink. – Текст : электронный // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 143. – P. 757–768. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.

14. Carmona, M. Public Places Urban Spaces / M. Carmona. – London : Routledge, 2021. – DOI: 10.4324/9781315158457.

15. Montgomery, J. Making a city: Urbanity, vitality and urban design / J. Montgomery. – Текст : электронный // Journal of Urban Design. – 1998. – Vol. 3, No. 1. – P. 93–116. – DOI: 10.1080/13574809808724418.

16. Dovey, K. Becoming Places: Urbanism/Architecture/Identity/Power / K. Dovey. – London : Routledge, 2010. – 312 p. – ISBN 978-0415588915.

17. Till, J. Flexible housing: The means to the end / J. Till, T. Schneider. – Текст : электронный // Architectural Research Quarterly. – 2005. – Vol. 9. – P. 287–296. – DOI: 10.1017/S1359135505000345.

18. Stone, S. Re-readings: The design principles of remodelling existing buildings / S. Stone. // Architectural Research Quarterly. – 2005. – Vol. 20. – P. 125–134.

19. Bramwell, B. Critical research on the governance of tourism and sustainability / B. Bramwell, B. Lane. – Текст : электронный // Journal of Sustainable Tourism. – 2011. – Vol. 19. – P. 411–421. – DOI: 10.1080/09669582.2011.580586.

20. Butler, R. The Concept of A Tourist Area Cycle of Evolution: Implications for Management of Resources / R. Butler. – Текст : электронный // The Canadian Geographer. – 1980. – Vol. 24. – P. 5–12. – DOI: 10.1111/j.1541-0064.1980.tb00970.x.

21. Scheyvens, R. Can tourism help to ‘end poverty in all its forms everywhere’? The challenge of tourism addressing SDG1 / R. Scheyvens, E. Hughes. – Текст : электронный // Journal of Sustainable Tourism. – 2019. – Vol. 27. – P. 1–19. – DOI: 10.1080/09669582.2018.1551404.

22. UNWTO. International Tourism to Reach Pre-Pandemic Levels in 2024. – Madrid : World Tourism Organization, 2024. – 50 p.

23. Венгерская ассоциация велнеса. Требования к велнес-отелям : методические рекомендации / Венгерская ассоциация велнеса. – Будапешт, [б. г.]. – Цитируется по: Корякина, А. Н. Особенности формирования архитектуры спа-комплексов и велнес-центров в России и за рубежом. – 2008. – С. 70.

24. British Sports & Physical Arts Association (BSPA). Functional composition of spa complexes : methodical materials / BSPA. – London, [s. a.]. – Цитируется по: Корякина, А. Н. Особенности формирования архитектуры спа-комплексов и велнес-центров в России и за рубежом. – 2008. – С. 70.

25. Rashid, K. Wellness Interiors: Interiors for Human Wellness / K. Rashid, A. Bokern. – Basel : Birkhäuser, 2007. – 255 p. – ISBN 978-3764383923.

Factors Influencing the Design Formation of Wellness Centers in Resort Towns with Local Center Status

Balakina A.E., Makhno A.A.
National Research University "Moscow State University of Civil Engineering" (MGSU)

JEL classification: L61, L74, R53

The article analyzes cultural-religious, landscape-climatic, ecological, urban planning, and socio-economic factors that influence the formation of modern wellness centers. The focus on health-oriented facilities is driven by the increase in tourist flows and the demand for recreation aimed at improving mental and physical health. The aim of the study is to systematize and formulate the design factors for wellness centers. The subject of this research is a selection of applied principles from foreign and domestic design experience, as well as a historical analysis of the design of health-oriented facilities. The scientific novelty of the research lies in the following: wellness centers are considered as an independent typological group with high adaptive potential, requiring the identification of design factors and principles for the further development of regulatory documents. The system of factors developed by the authors makes it possible to substantiate the principles of delicately integrating wellness centers into the existing urban environment of resorts without losing their authenticity. The obtained results can serve as a basis for the development of regional urban planning standards and methodological recommendations for the design of health-oriented facilities in local tourism centers.

Keywords: wellness centers, local-level resort towns, design factors, cultural-religious, landscape-climatic, ecological, urban planning and socio-economic factors, adaptive potential, environmental authenticity, typology of health-oriented facilities.

References

1. Koryakina, A. N. (2008). Osobennosti formirovaniya arkhitektury spa-kompleksov i velnes-tsentrov v Rossii i za rubezhom [Features of the formation of architecture of spa complexes and wellness centers in Russia and abroad]. *Akademicheskiy vestnik UralNIIproekt RAASN*, (1), 67-71. (in Russian)

2. Stroeva, N. N. (2018). Razrabotka universalnoy funktsionalnoy modeli velnes-tsentra na osnove analiza planirovochnoy struktury [Development of a universal functional model of a wellness center based on the analysis of the planning structure]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo*, (10), 80-90. ISSN 0536-1052. (in Russian)

3. Stroeva, N. N. (2019). *Arkhitekturno-tipologicheskie printsipy formirovaniya velnes-tsentrov* [Architectural and typological principles of the formation of wellness centers] (PhD abstract). Moscow. 24 p. (in Russian)

4. Stroeva, N. N. (2019). Analiz zarubezhnogo i otechestvennogo opyta proektirovaniya, stroitelstva i ekspluatatsii velnes-tsentrov [Analysis of foreign and domestic experience in the design, construction and operation of wellness centers]. *Architecture and Modern Information Technologies*, (1)46, 17. Available at: http://marhi.ru/AMIT/2019/1kvart19/17_stroeva/ (accessed: 02.05.2026). (in Russian)

5. Zauralskaya, A. V., & Voronina, Yu. V. (2013). Osobennosti arkhitekturno-planirovochnoy organizatsii sovremennykh kompleksov rekreatsionnykh zavedeniy. Tendentsii ikh razvitiya [Features of the architectural and planning organization of modern complexes of recreational establishments. Trends in their development]. In *Historical experience and modern trends in the development of architecture, design, urban planning and fine arts*: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students (Poltava, May 20-22, 2013) (Vol. 1, pp. 234-239). Poltava: PoltNTU. (in Russian)

6. Spitsyna, D. S. (2018). Printsipy indiyskoy filosofii v uchenii o zdorovye cheloveka – ayurvedy [Principles of Indian philosophy in the doctrine of human health – Ayurveda]. *Forum of Young Scientists*, (2)18, 496-499. (in Russian)

7. Tseluiko, D. S., & Luchkova, V. I. (2016). Vliyanie religiy vostoka na sadovo-parkovoe iskusstvo Kitaya [The influence of Eastern religions on the landscape gardening art of China]. In *New ideas of the new century*: Proceedings of the international scientific conference of FAD PNU (Vol. 1, pp. 346-350). (in Russian)

8. Pranajaya, I. K., Dwijendra, N. K. A., Swiranatha, I. P. O., & Dewi, N. M. E. N. (2025). The Significance of Cultural, Religious, and Sustainability Symbols in the Revitalization of Architects and Temple Interiors at Luhur Batukau Temple in Bali. *Civil Engineering and Architecture*, 13(3A), 2601-2619. DOI: 10.13189/cea.2025.131330

9. Pranajaya, I. K. (2021). The Domination of Cultural and Symbolic Capital in the Preservation of Temple Heritage Architecture through a Restoration Approach in Bali, Indonesia. *Civil Engineering and Architecture*, 9(6). DOI: 10.13189/cea.2021.090608

10. Karimov, U. N., Kadirova, N. B., & Akramova, H. A. K. (2016). Sadovo-parkovoe iskusstvo drevnego vostoka [Landscape gardening art of the ancient East]. In A. A. Gorokhov (Ed.), *Youth and the 21st Century – 2016*: Proceedings of the VI International Youth Scientific Conference (Vol. 1, pp. 245-247). Moscow. (in Russian)

11. Kellert, S. R., & J. H. M. M. (2011). *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. Hoboken: John Wiley & Sons. 400 p. ISBN 978-0470163344

12. Bennetts, H., Radford, A., & Williamson, T. (2003). *Understanding Sustainable Architecture*. London: Taylor & Francis. DOI: 10.4324/9780203217290

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048

13. Carmona, M. (2021). *Public Places Urban Spaces*. London: Routledge. DOI: 10.4324/9781315158457

14. Montgomery, J. (1998). Making a city: Urbanity, vitality and urban design. *Journal of Urban Design*, 3(1), 93-116. DOI: 10.1080/13574809808724418

15. Dovey, K. (2010). *Becoming Places: Urbanism/Architecture/Identity/Power*. London: Routledge. 312 p. ISBN 978-0415588915

16. Till, J., & Schneider, T. (2005). Flexible housing: The means to the end. *Architectural Research Quarterly*, 9, 287-296. DOI: 10.1017/S1359135505000345

17. Stone, S. (2005). Re-readings: The design principles of remodelling existing buildings. *Architectural Research Quarterly*, 20, 125-134.

18. Bramwell, B., & Lane, B. (2011). Critical research on the governance of tourism and sustainability. *Journal of Sustainable Tourism*, 19, 411-421. DOI: 10.1080/09669582.2011.580586

19. Butler, R. (1980). The Concept of A Tourist Area Cycle of Evolution: Implications for Management of Resources. *The Canadian Geographer*, 24, 5-12. DOI: 10.1111/j.1541-0064.1980.tb00970.x

20. Scheyvens, R., & Hughes, E. (2019). Can tourism help to 'end poverty in all its forms everywhere'? The challenge of tourism addressing SDG1. *Journal of Sustainable Tourism*, 27, 1-19. DOI: 10.1080/09669582.2018.1551404

21. UNWTO. (2024). *International Tourism to Reach Pre-Pandemic Levels in 2024*. Madrid: World Tourism Organization. 50 p.

22. Hungarian Wellness Association. (n.d.). *Requirements for wellness hotels* [Methodological recommendations]. Budapest. (Cited in: Koryakina, A. N. Features of the formation of architecture of spa complexes and wellness centers in Russia and abroad. 2008, p. 70)

23. British Sports & Physical Arts Association (BSPA). (n.d.). *Functional composition of spa complexes* [Methodical materials]. London. (Cited in: Koryakina, A. N. Features of the formation of architecture of spa complexes and wellness centers in Russia and abroad. 2008, p. 70)

24. Rashid, K., & Bokern, A. (2007). *Wellness Interiors: Interiors for Human Wellness*. Basel: Birkhäuser. 255 p. ISBN 978-3764383923

О проблеме усиления верхней зоны стенки стальной подкрановой балки с усталостными трещинами

Михаськин Владимир Владимирович
канд. техн. наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ipvvmikhaskin@yandex.ru

Исследование посвящено анализу работы двутавровой стальной подкрановой балки, верхняя зона стенки которой усилена различными стальными профилями, крепящимися на сварке. Решение получено в предположении упругой работы стали. Термическое влияние сварки не учитывалось. Численное моделирование выполнено в программном комплексе ANSYS. Соединение элементов усиления и элементов балки предполагается абсолютно жестким. Выявлено, в зависимости от вида усиления, снижение напряжений в исследуемой зоне в интервале: 15-17% (для балок без трещин) и 25-35% (для балок с трещинами). Сутью работы являлась оценка влияния способа усиления верхней зоны стенки стальной балки стальными профилями на напряженно-деформированное состояние этой зоны, где велика вероятность образования усталостных трещин.
Ключевые слова: стальная двутавровая подкрановая балка, усталостное разрушение, усталостные трещины, ламели, усиление стенки стальной балки.

Введение

Проблема необходимости усиления подкрановых балок с усталостными трещинами известна еще с середины прошлого столетия. С тех пор и до настоящего времени было разработано довольно много способов их усиления, рекомендаций, методик расчетов на выносливость, но все это, тем не менее, требует дальнейшего изучения с точки зрения исследования напряженно-деформированного состояния усиленных балок и повышения их несущей способности. В зданиях с кранами тяжелых режимов работы (7К, 8К) проблема возникновения усталостных трещин встает особенно остро. Трещины в таком случае, как правило, возникают уже на ранних этапах эксплуатации (около 5 лет), а усиление существующими способами не исключает их повторное появление. Последнее знаменует собой наступление первого предельного состояния, что подразумевает обязательное выполнение определенных конструктивных мероприятий для возможности дальнейшей безопасной эксплуатации. Ситуация усугубляется в случае выполнения балок из кипящих сталей, что характерно для периодов постройки вплоть до 60-70х годов XX в, поскольку такие стали характеризуются пониженным сопротивлением хрупкому разрушению.

Одним из способов усиления усталостных трещин является их заварка с предварительной ее (трещины) рассверловкой в начале и конце для локализации (существенного замедления ее роста) путем снижения концентрации напряжений. Сварка, безусловно являющаяся наиболее технологичным видом соединения, тем не менее, обладает существенным недостатком, заключающимся в образовании сварочных напряжений и деформаций. Если при изготовлении металлоконструкций на заводах имеют место технологические мероприятия, значительно снижающие негативное влияние сварки, то в условиях эксплуатируемых конструкций (например, при усилении) ее влияние трудно уменьшить. Поэтому в заваренной трещине неизбежно в относительно ближайшее время велика вероятность повторного ее раскрытия.

Следовательно, здесь нужно совершенствовать конструктивные решения в рамках применения другого способа усиления, а именно когда непосредственная область трещины не затрагивается термическим воздействием. Это достигается путем постановки в верхней зоне стенки усиливающих элементов, крепящихся на сварке как к стенке (вне трещины), так и к поясу и ребрам жесткости. Численные исследования работы подкрановых балок при таком способе усиления и продемонстрированы в данной статье.

Целью работы является оценка влияния способа усиления стенки стальной подкрановой балки стальными профилями на ее напряженно-деформированное состояние и несущую способность.

Объект исследования – стальная двутавровая шарнирно опертая балка, загруженная подвижной сосредоточенной нагрузкой.

Предмет исследования – напряженно-деформированное состояние объекта исследования при усилении его стенки стальными профилями.

Материалы и методы

В данной работе исследовано напряженно-деформированное состояние подкрановой двутавровой балки, стенка которой усилена в верхней зоне при помощи стальных профилей. Влияние сварочных напряжений и деформаций не учитывается. Общая устойчивость балки предполагается обеспеченной (например, тормозными конструкциями). В верхней зоне стенки (в наиболее напряженном по длине участке) замоделированы усталостные трещины.

Балка однопролетная, шарнирно опертая (левая опора шарнирно неподвижная, правая шарнирно подвижная) пролетом 6 м. Класс стали стенки и полок С355. Балка относится к первому классу, таким образом, рассматривается только ее упругая работа. Сечение составное: пояса 400х16 мм, стенка 900х10 мм. На торцах балки предусмотрены опорные ребра толщиной 20 мм, а на стенке двусторонние поперечные ребра толщиной 6 мм, делящие стенку на отсеки. На рисунке 1 показана модель балки, созданная в программном комплексе ANSYS с нанесенной конечно-элементной сеткой.

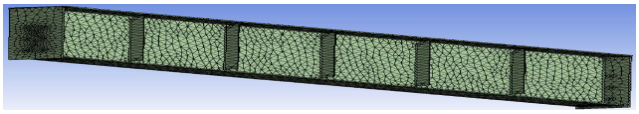


Рис.1 Общий вид численной модели балки

Движение крана имитируется перемещающейся вдоль балки сосредоточенной силой 15 тс. Для этого верхней пояс разделен на 50 частей и нагрузка поступательно перемещается от узла к узлу (рисунок 2).

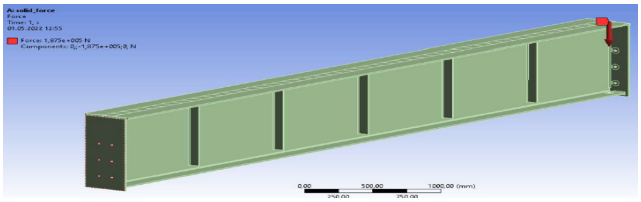


Рис.2 Схема приложения сосредоточенной нагрузки к балке

Рассмотрены следующие схемы усиления верхней зоны стенки (все схемы являются двусторонними):

1. Ламелями (стальными пластинами) сечением 150х8 мм, отнесенными на 70 мм от стенки (рисунок 3); присоединение предполагается наружными сварными швами к ребрам и полке; здесь несомненным преимуществом является отсутствие термического воздействия на стенку

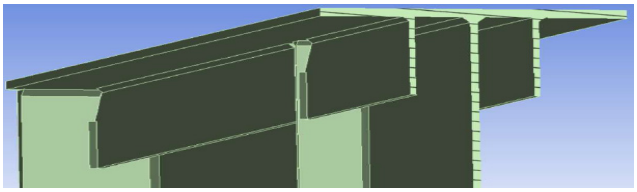


Рис.3 Усиление верхней зоны балки при помощи ламелей

2. Заключение верхней зоны стенки в замкнутое пространство с помощью прокатных стальных уголков 90х6 (рисунок 4), являющихся, по сути, продольными ребрами; преимуществом этой схемы является увеличение жесткости на кручение пояса относительно стенки, что особенно сказывается при использовании кранов тяжелого режима работа, когда становятся весьма чувствительными эксцентриситеты от смещения рельса; присоединение предполагается к полке, стенке и ребрам на сварке

Рис.4 Усиление верхней зоны балки при помощи уголков

3. Постановка коротких вертикальных ребер из швеллеров 20П высотой 150 мм (со скошенными полками для уменьшения длины сварного шва крепления к стенке), подкрепленных продольным ребром из листа сечением 90х8 мм (рисунок 5); шаг постановки швеллеров 200 мм

Рис.5 Усиление верхней зоны балки при помощи швеллеров

По результатам расчетов неусиленной балки в верхней зоне стенки выявлен участок с наибольшей концентрацией напряжений (см. рисунки 7 и 8). С точки зрения усталости металла именно такие места наиболее подвержены усталостному (хрупкому) разрушению. Соответственно в этой зоне замоделированы усталостные трещины в виде трех продолговатых отверстий длиной 100 мм и шириной 0,5 мм, шаг отверстий 100 мм (рисунок 6).

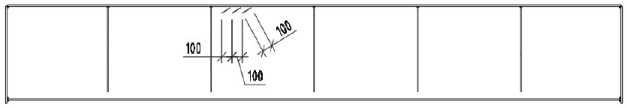


Рис.6 Расположение трещин в стенке балки

Литературный обзор

По вопросу усиления подкрановых балок прежде всего нужно отметить классический отечественный источник, содержащий в систематической форме подробный обзор способов усиления при помощи присоединения элементов на сварке [1]. Здесь приведены основные схемы усиления и рекомендации по их применению. Также приведена методика оценки долговечности сварных подкрановых балок.

В 2004 г ведущими научно-исследовательскими организациями совместно было выпущено руководство в виде СТО 22-05-04 [2], содержащее рекомендации по определению ресурса (остаточного срока эксплуатации) стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках. Приведены методические указания по проведению расчетной оценки ресурса, а также рекомендации по увеличению ресурса сварных подкрановых балок с трещинами в процессе их ремонта.

Руководство по восстановительному ремонту подкрановых конструкций [3] регламентирует следующее. Основные дефекты и повреждения подкрановых конструкций, например, коррозия, неточности монтажа, смещение рельса от оси балки, разнообразные трещины, прогибы, местные искривления, дефекты сварных швов и т. д. Срочные мероприятия, проводимые при обнаружении серьезных повреждений, особенно когда речь идет об аварийном состоянии. Ремонт подкрановых конструкций, где приведены основные указания: по правке деформированных конструкций (в том числе с помощью нагрева), по выполнению сварочных работ (в том числе порядку наложения сварных швов с целью минимизации термического влияния), заделке трещин (в том числе ее зачистке, рассверловке, применяемых электродах с повышенными пластическими свойствами). Кроме того, приведены конструктивные решения по усилению, однако, без оценки их эффективности.

Руководство по оценке технического состояния стальных подкрановых конструкций [4] содержит рекомендации по обследованию таких конструкций, а, как известно, результаты обследования это весомое обоснование для принятия решения по усилению.

А.Е. Кубасевичем [5] разработаны численная модель и метод расчета подкрановых балок с усталостными трещинами в стенке, позволяющими определить их напряженно-деформированное состояние с учетом геометрических несовершенств (например, местных погибей стенки или полки). А также проведено исследование местной устойчивости стенки балки с трещинами при раздельном и совместном действии изгибающего момента и поперечной силы.

В статье [6] авторами предложено конструктивное решение усиления разрезных стальных подкрановых балок пролетом 6 и 12 м в корпусе действующего промышленного предприятия в связи с заменой кранового оборудования с 10 тс на 50 тс, что очень характерно для процессов модернизации.

В [7] приведено исследование усиления подкрановых балок с трещинами в стенке балки вблизи сварного шва крепления стенки к верхнему поясу высокомодульными накладками Sika Wrap Hex230C. Для оценки эффективности предложенного метода усиления выполнены расчеты конструкции в программном комплексе «Лира».

В [8] В.В. Михаськиным проведена оценка прочностных и усталостных характеристик усиливаемых балок, подверженных динамической нагрузке, с использованием композитных материалов (ламелей из фиброармированных полимеров). Кривые распространения усталостной трещины показали, что ламели сдерживают рост трещины и увеличивают ресурс подкрановых балок.

В [9] приведены результаты численных экспериментов усиления подкрановых балок методом увеличения сечения. Рассмотрены несколько способов усиления по причине увеличения грузоподъемности мостового крана в два раза. Основной способ (горизонтальными листами) выявлен по критерию меньшей металлоемкости.

Результаты

По результатам расчета подкрановой балки без усиления и дефектов в виде трещин выявлена наиболее напряженная зона верхней части стенки, расположенная достаточно близко к центру пролета (рисунок 7). Максимальные напряжения в которой составили 109 МПа. Величина их относительно небольшая (по сравнению с расчетным сопротивлением 350 МПа для используемой стали С355), но, поскольку усталостное разрушение происходит при напряжениях, меньших предела текучести, данная зона является потенциально опасной в свете появления трещин. Поэтому эффективность усиления будем оценивать по изменению напряжений именно в этой зоне.

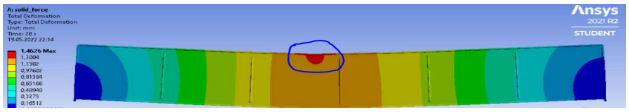


Рис.7 Расположение наиболее напряженной зоны в стенке балки

Также заметно, что в месте наибольших напряжений стенки начинает терять местную устойчивость пояс (рисунок 8), иными словами, выгибаться из своей плоскости. Здесь налицо взаимная связь напряженно-деформированного состояния стенки и пояса. Отметим, что рассматриваемые в статье методы усиления (которые в данном аспекте можно рассматривать как окантовку поясов), в том числе, оказывают поддержку и поясу, повышая критические напряжения, при которых происходит потеря его местной устойчивости.

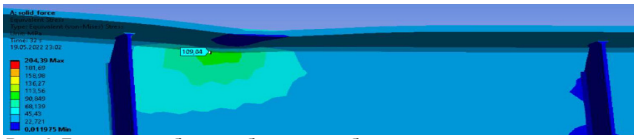


Рис.8 Локальная область балки с наибольшими напряжениями в стенке

Напряженно-деформированное состояние усиленной подкрановой балки без усталостных трещин.

В случае применения усиления в виде ламелей максимальные напряжения составляют 90,1 МПа (рисунок 9).

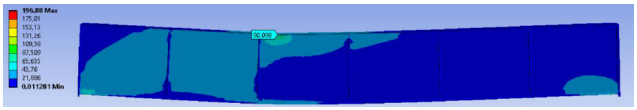


Рис.9 Напряженно-деформированное состояние балки без трещин при усилении ламелями

Использование прокатных уголков позволило снизить напряжения в исследуемой зоне до 92,45 МПа (рисунок 10).

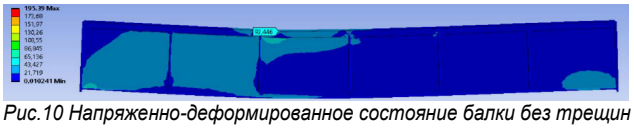


Рис.10 Напряженно-деформированное состояние балки без трещин при усилении прокатными уголками

Применение вертикальных ребер из швеллеров и подкрепляющего горизонтального ребра из пластины обеспечило уровень напряжений 90,65 МПа (рисунок 11).

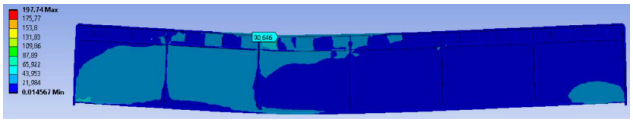


Рис.11 Напряженно-деформированное состояние балки без трещин при усилении швеллерами

Таблица 1

Эффективность усиления подкрановой балки без усталостных трещин

Способ усиления	Максимальные напряжения, МПа	Эффективность усиления, %
Без усиления	109,04	-
Усиление ламелями	90,10	17,37
Усиление уголками	92,45	15,21
Усиление швеллерами	90,65	16,86

Анализируя результаты расчета (эффективность усиления – по отношению к неусиленной балке) выявлено (таблица 1), что максимальные напряжения в расчетной зоне стенки подкрановой балки при различных способах усиления практически одинаковые (в рамках изменения на 1-2%). Таким образом, на первый взгляд, с точки зрения повышения несущей способности можно применять любой способ. Однако, здесь нужно ориентироваться еще на один показатель, а именно, количество сварки в стенке. Очевидно, выигрышным является первый способ, при котором максимально увеличивается несущая способность и отсутствует наложение сварных швов на стенку.

Напряженно-деформированное состояние усиленной подкрановой балки с учетом усталостных трещин.

По результатам расчета подкрановой балки без усиления максимальные напряжения выявлены в области трещин и составили 174,09 МПа (рисунок 12). Характер деформирования как стенки, так и пояса в целом идентичен балке без трещин.

Рис.12 Локальная область балки с наибольшими напряжениями в стенке

Далее приведем сразу сводную таблицу 2, демонстрирующую эффективность усиления.

Таблица 2

Эффективность усиления подкрановой балки с усталостными трещинами

Способ усиления	Максимальные напряжения, МПа	Эффективность усиления, %
Без усиления	174,09	-
Усиление ламелями	129,46	25,64
Усиление уголками	132,40	23,95
Усиление швеллерами	113,41	34,86

Отметим некоторые выявленные особенности усиления балок с трещинами. Во-первых, в целом повышается эффективность усиления (для балок без трещин, напомним, она составляет 15-18%). Во-вторых, заметно, что уже вырисовывается явно более предпочтительный способ, а именно, усиление швеллерами. Суть здесь в том, что, установленные в вертикальной плоскости, такие профили обладают весьма высокой жесткостью и бОльшая часть динамической нагрузки от движения кранов с поясов балки передается на стенку ниже зоны образования трещин именно через швеллеры. При этом горизонтальные ребра существенно увеличивают местную устойчивость стенки. Таким образом, данный вид усиления способствует более равномерному распределению напряжений по сечению балки от динамической нагрузки, разгружая наиболее напряженную верхнюю зону стенки, что теоретически существенно снижает риск дальнейшего распространения усталостных трещин.

Заключение

В данной работе проанализировано напряженно-деформированное состояние стальной составной двутавровой подкрановой балки, верхняя зона стенки которой усилена стальными прокатными профилями. Рассмотрено несколько схем усиления (при помощи ламелей, уголков и швеллеров) как в случае наличия трещин в верхней зоне, так и без них.

Для выявления особенностей работы таких балок выполнено численное моделирование в программном комплексе ANSYS.

Эффективность усиления составила 15-18% для балок без трещин и 25-35% для балок с трещинами.

Литература

1. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*). – М.: Стройиздат, 1989. – 160 с
2. Руководство по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках для допущения их временной эксплуатации. Часть 1. Основные положения. – Новосибирск: Научно-производственный консорциум «Ресурс», 2004. – 43 с.
3. Руководство по восстановительному ремонту подкрановых конструкций. – М.: Министерство металлургии СССР, 1991. – 118 с.
4. Руководство по оценке технического состояния стальных подкрановых конструкций ЭРД 22-02-99. – М., Новокузнецк, 1999. – 35 с.
5. Кубасевич А.Е. Напряженно-деформированные и предельные состояния подкрановых балок с усталостными трещинами в стенке: автореф. дис. … канд. техн. наук / Кубасевич Антон Евгеньевич. – СПб., 2023. – 26 с.
6. Лампси Б.Б., Лампси Б.Б., Маркина Ю.Д. Усиление стальных подкрановых балок при модернизации технологического процесса // Приволжский научный журнал. – 2022 - №2.
7. Давиденко А.И. Какулия А.Б., Карабельников М.А. Повышение трещиностойкости стальных подкрановых балок, усиленных высокомодульными накладками из углеродных волокон // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024 - №3.
8. Михаськин В.В. Влияние динамических нагрузок на усталостную прочность стальных балок, усиленных углепластиком // Строительные материалы и изделия. – 2023 - №6.

9. Рафиев А.К., Марамов Ф.Б. Усиление подкрановых балок методом увеличения сечений // Политехнический вестник. Серия инженерные исследования. – 2020 - №1.

On the problem of strengthening the top zone of a steel undercrane beam with fatigue cracks

Mikhaskin V.V.
Saint-Petersburg university of architecture and civil engeneering

JEL classification: L61, L74, R53

The study is devoted to the analysis of the operation of a I-beam steel crane beam, the upper zone of the wall of which is reinforced with various steel profiles attached by welding. The solution was obtained under the assumption of elastic operation of steel. Thermal effect of welding was not taken into account. Numerical modeling was performed in the ANSYS software package. The connection of reinforcement elements and beam elements is assumed to be absolutely rigid. Depending on the type of reinforcement, the stress in the studied area was found to decrease by 15-17% (for beams without cracks) and 25-35% (for beams with cracks). The purpose of this work was to assess the effect of reinforcing the upper zone of a steel beam with steel profiles on the stress-strain state of this zone, where fatigue cracks are likely to form.

Keywords: steel I-beam crane beam, fatigue failure, fatigue cracks, lamellae, reinforcement of the steel beam wall.

References

1. Manual on the design of reinforcement of steel structures (to SNiP II-23-81*). – M.: Stroyizdat, 1989. – 160 p.
2. Guidelines for determining the individual resource of steel crane beams with fatigue cracks in the walls for allowing their temporary operation. Part 1. Basic provisions. – Novosibirsk: Scientific and production «Resurs», 2024, – 43 p.
3. Guide to the restoration of crane structures. – M.: Ministry of Metallurgy of USSR, 1991. – 118 p.
4. Guidelines for Assessing the Technical Condition of Steel Crane Structures ERD 22-02-99. – M., Novokusnetsk, 1999. – 35 p.
5. Kubasevich A.E. Stress-strain and limit states of undercarriage beams with fatigue cracks in the wall:Kubasevich Anton Evgenievich. –SPb., 2023.–26 p.
6. Lampsi B.B., Lampsi B.B., Markina Y.D. Reinforcement of steel crane beams during the technological process upgrade // Privolgskiy scientific journal. – 2022 - №2.
7. Davidenko A.I., Kakulia A.B, Karabelnikov M.A. Increasing the crack resistance of steel crane beams reinforced with high-modulus carbon fiber overlays // Bulletin of Lugansk State University named after Vladimir Dal. – 2024 – №3.
8. Mikhaskin V.V. Influence of dynamic loads on the fatigue strength of carbon-reinforced steel beams // Building materials and products. – 2023 - №6.
9. Rafiev A.K., Maramov F.B. Reinforcement of the undercarriage beams by increasing the cross-sections // Polytechnic Bulletin. Series of Engineering Research. – 2020 - №1.

Михеев Георгий Владиславович
кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, mgstyle77@yandex.ru,

Гонтарь Матвей Григорьевич
магистрант кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, yasyakrutikova@gmail.com,

Нархова Светлана Евгеньевна
магистрант кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, chaykinmus@gmail.com,

Абрамцев Евгений Геннадьевич
магистрант кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, Abramcev-1999E@mail.ru,

Вольхин Дмитрий Евгеньевич
аспирант, кафедра промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Dima@bekvol.ru

В данной статье рассматриваются особенности строительной деятельности. Современное положение строительной отрасли и девелоперской деятельности демонстрирует частичные спады в реализации действующих проектов и запуска новых, что обусловлено кризисными явлениями, происходящими в действующих реалиях экономики страны и международной ситуации в целом. Традиционные модели и механизмы управления уже не справляются с большим наплывом рисков и отрицательных обстоятельств. Поэтому, важно рассматривать современные факторные явления и разрабатывать более совершенные инструменты, для будущих моделей управления, в особенности систем и механизмов по управлению строительными проектами.
Ключевые слова: управление строительством, проекты, экономика строительства, развитие, цифровизация строительства, организация строительства, экономика региона.

Турбулентные явления, формирующиеся в современных экономических системах, оказывает серьезное негативное давление на различные сферы и отрасли, среди которых строительная отрасль и девелоперская деятельность демонстрируют частичные спады в реализации действующих проектов и запуска новых, что обусловлено кризисными явлениями, происходящими в действующих реалиях экономики страны. Традиционные модели и механизмы управления уже не справляются с большим наплывом рисков и отрицательных обстоятельств. Поэтому, важно рассматривать современные факторные явления и разрабатывать более совершенные инструменты, для будущих моделей управления, в особенности систем и механизмов по управлению строительными проектами. Сложившееся положение обуславливает важность рассмотрения параметрических особенностей строительной отрасли и реализации проектов девелоперской деятельности для понимания насыщенности управленческих аспектов, технических механизмов и инженерных технологий, на которые воздействуют различные обострения и проявления рынка:

– среди инженерных особенностей строительной отрасли, необходимо выделить сложность расчетов оборудования, механизмов, конструктивных особенностей, моделей расчета прогнозных систем будущей эксплуатации объекта, с учетом территориально-пространственных особенностей региона или конкретного муниципального образования, его климатических особенностей, сейсмичности, гео-инжиниринговых характеристик и других параметров, способных воздействовать на возводимый объект в различные периоды и фазы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта [1];

– технологические особенности строительной отрасли упираются в современные стандарты и требования по реализации строительного производства, с учетом определенных факторных критериев ведения строительной деятельности на определенных территориально-пространственных комплексах, что формирует отдельные ограничения и ли требования по внедрению современных технологических инноваций и инструментано-методических подходов для реализации различных проектов строительства и последующих критериев для управления и эксплуатации объектов недвижимости [2; 3; 4];

– организационные аспекты и стандарты календарно-ресурсного планирования строительного производства и реализации девелоперских проектов с учетом региональных особенностей территории, демонстрирует нам важность в качественном формировании планирования этапов, фаз и стадий строительства, развития логистических цепочек с учетом оптимизационных мероприятия, для возможности снижения финансовых затрат и избегания форс-мажорных обстоятельств от различных факторных явлений и негативных обстоятельств, вызванных различными процессами [5];

– инновационные критерии строительной отрасли формируются с учетом эволюционирования различных систем, блоков и подблоков строительной инженерии и всего комплекса параметрических особенностей инженерно-строительной специфики процессов и механизмов, что показывает нам необходимость в использовании новых инструментов, методических комплексов, специализированных автоматизированных и роботизированных машин и механизмов для реализации процессов строительной деятельности с учетом специфичности территориально-пространственного комплекса и иных особенностей реализации будущего объекта, или комплекса объектов для эффективного управления и эксплуатации данных зданий и территориальных участков, учетом заявленных параметров и функциональных значений [6; 7];

– применение современных цифровых комплексов и инструментов искусственного интеллекта для возможности совершенствования и оптимизации стадий и процессов строительного производства является необходимостью, продиктованной требованиями и потребностями современного общества, а также обусловлено положительными показателями эффективности по статистическим и математико-аналитическими анализами больших данных для выявления современных тенденций и параметров современного жилья, специфичности промышленных объектов, комплексного развития территорий и других важных параметрических свойств и характеристик, которые необходимо учитывать при проектировании зданий и сооружений, а также при дальнейшем использовании построенных объектов недвижимости их успешной эксплуатации с учетом современной среды [8; 9];

– экономические особенности строительной отрасли, формирования проектно-сметных расчетов по ценообразованию будущих объектов недвижимости и проекта строительного производства имеет сложную мно-

гозадачную структуру, где кроме основных значений по финансовым затратам на ресурсы и различные стадии строительного производства, важно учитывать потенциальные критерии денежных потоков по различным фазам строительной деятельности, а также формировать потенциальное прогнозирование финансового положения строительного проекта, территориально-пространственного комплекса в рамках которого будет реализовываться процессы строительной деятельности, учет особенностей экономической системы бизнес-субъекта строительной отрасли и всего портфеля девелоперских и иных проектов, для понимания возможных критических ситуаций или форс-мажорных обстоятельств, которые способны проявляться в зависимости от общего экономического положения отрасли, рынка и экономики страны в целом [10; 11];

– управленческие параметры строительной деятельности, реализация моделей и механизмов строительного производства и оптимизационных мероприятий зависит от сложности проекта, конструктивных блоков, логистических цепей [12], системного планирования, возможности использования специализированного оборудования, машин, механизмов и цифровых комплексов, которые должны формировать общий механизм стадий, фаз и направления строительной деятельности для формирования потенциально-качественного функционирования всех служб и подразделений бизнес-субъекта строительной отрасли, его особенностей и параметрических критериев для проведения адаптации моделей и отдельных операций реализации строительного производства.

Анализ современного положения на рынке строительного комплекса демонстрирует нам турбулентные обстоятельства, которые воздействуют на строительную отрасль провоцируя кризисные явления. Считаем необходимым разработать системное решение в виде инструментарно-методического положения по управлению строительными проектами и девелоперской деятельности в условиях экономической волатильности современной среды.

Для формирования модели-алгоритма управления бизнес-субъекта строительной отрасли будем учитывать следующие параметрические блоки: блок управления и внедрения методов адаптации и реинжиниринга процессов; блок проектно-сметного ценообразования и распределения финансовых потоков; блок внедрения современных технологий в строительстве; блок информационного моделирования и цифровизации строительной отрасли и девелоперской деятельности; блок организационно-инженерного планирования и оптимизации календарно-ресурсного планирования; блок инновационных инженерных методов в строительстве.

В рамках будущей модели-алгоритма управления бизнес-субъектом строительной отрасли, рассмотрим систему блоков подробнее.

Блок управления и внедрения методов адаптации и реинжиниринга процессов. Данный блок направлен на обработку различных данных для возможности внедрения усовершенствованных процессов и алгоритмов в систему управления, с учетом имеющихся целей и задач строительной деятельности и проявляющихся явлений, и обострений по различным факторным обстоятельствам реальной среды.

Блок проектно-сметного ценообразования и распределения финансовых потоков. Представленный блок и его подблоки направлены на анализ тенденций и параметрических критериев в системе ценообразования строительной отрасли, проектно-сметных механизмов отдельных девелоперских объектов и проектов недвижимости, с учетом действующей среды и возможных потенциальных изменений в экономическом положении бизнес-субъекта строительной деятельности, девелоперского рынка, отрасли на региональном уровне и потенциала экономической изменчивости и кризисных обострений на государственном уровне.

Блок внедрения современных технологий в строительстве. Представленный блок рассматривает возможности по применению инженерно-технологических новаций, или же применения особенных методов и средств для реализации строительных проектов в различных условиях и ведущих свою девелоперскую деятельность, строительное производство в рамках специфических требований местоположения, территориально-пространственного комплекса, его особенностей, параметрических свойств, потребительских и индивидуальных запросов по направлению будущей эксплуатации объекта и/или объектов возводимых в рамках реализации инвестиционного проектирования.

Блок информационного моделирования и цифровизации строительной отрасли и девелоперской деятельности. Направлен на применение современных информационных программ по моделированию, различных этапов, фаз, процессов проектирования здания, сооружений и внутренний среды коммуникаций объекта для возможности качественного управления, внесения альтернативных конструктивных оптимизаций, изменения отдельных элементов структуры объекта, его материалов и иных параметрических особенностей с учетом выявленных обстоятельств, или проявившихся обострений технического, организационно-инженерного, технологического, конструктивно-эксплуатационного и других составляющих критериев, способных снизить будущие потенциалы строительного производства, эксплуатации и управления объекта и/или комплекса объектов недвижимости в рамках запланированного территориально-пространственного комплекса и специфичности формата объекта недвижимости.

Блок организационно-инженерного планирования и оптимизации календарно-ресурсного планирования. Осуществляет определенную этапность-алгоритм отдельных операций, фаз и процессов оперативного и стратегического потенциала в зависимости от стадии реализации строительного производства.

Блок инновационных инженерных методов в строительстве. Направлен на возможности применения новых методов, материалов, технологий и инструментов для возможности решения сложных задач строительства и/или обеспечения строительной площадки необходимыми механизмами, роботами, машинами и приборами для эффективной реализации поставленных задач, а также формирования потенциальных преимуществ от внедрения инновационных инженерных методов на этапе строительного производства, последующего управления и эксплуатации возведенного объекта и/или серии объектов.

Представленные элементы будущей разработки модели позволят сформировать перспективы для увеличения показателей эффективности реализации строительного производства и повышения коэффициентов результативности проекта в целом.

Модель алгоритма управления бизнес-субъектом строительной отрасли позволит усилить: управленческие параметры строительной деятельности для формирования потенциально-качественного функционирования всех служб и подразделений бизнес-субъекта строительной отрасли, его особенностей и параметрических критериев для проведения адаптации моделей и отдельных операций реализации строительного производства; организационные аспекты и стандарты календарно-ресурсного планирования строительного производства и реализации девелоперских проектов с учетом региональных особенностей территории; технологические особенности строительной отрасли, современные стандарты и требования по реализации строительного производства, с учетом определенных факторных критериев ведения строительной деятельности на определенных территориально-пространственных комплексах; потенциальное прогнозирование финансового положения строительного проекта, территориально-пространственного комплекса в рамках которого будет реализовываться процессы строительной деятельности, учет особенностей экономической системы бизнес-субъекта строительной отрасли и всего портфеля девелоперских и иных проектов, для понимания возможных критических ситуаций или форс-мажорных обстоятельств, которые способны проявляться в зависимости от общего экономического положения отрасли, рынка и экономики страны в целом.

Литература

1. *Заикин, Н. Н. Региональная экономика и институты развития территорий в современной России / Н. Н. Заикин, Ю. Ю. Казанцев, Н. Г. Филатова. – Новосибирск : Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, 2025. – 364 с. – ISBN 978-5-8036-1080-9. – EDN NFOLYP.*

2. *Дианов, Д. В. Региональная и отраслевая экономика в статистических исследованиях : монография / Д. В. Дианов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2025. – 206 с. – ISBN 978-5-466-09008-6. – EDN NLAXFL.*

3. *Голоднюк, Р. А. Региональная и отраслевая экономика / Р. А. Голоднюк. – Донецк : Институт экономических исследований, 2024. – 184 с. – ISBN 978-5-00202-743-9. – EDN TRZGRI.*

4. *Ковалева, Н. А. Цифровая экономика как драйвер модернизации регионов / Н. А. Ковалева, В. В. Водопьянова, М. А. Булгаров // Прикладные экономические исследования. – 2025. – № 5. – С. 64-71. – DOI 10.47576/2949-1908.2025.5.5.007. – EDN BUFKUT.*

5. *Челенко, А. В. Ограничения и возможности перехода российских предприятий к бережливому производству / А. В. Челенко // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 4(46). – С. 54-61. – EDN AABADH.*

6. *Драгуленко, В.В. Анализ потребительского поведения в цифровой экономике с использованием технологий больших данных / В. В. Драгуленко, А. Л. Золкин, О. Л. Гиршевич, И. В. Соловьев // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2024. – № 4. – С. 206-212. – DOI 10.47576/2949-1894.2024.4.4.025. – EDN TYZIVO.*

7. *Бабкин А.В. Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности / А. В. Бабкин, Р. И. Акмаева, Н. С. Алексеева [и др.]. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 752 с. – ISBN 978-5-7422-7755-2. – EDN KOBRLE.*

8. *Николаева, С. Г. Анализ больших данных в экономике: применение и перспективы / С. Г. Николаева, Н. П. Семичевская, Л. Ю. Кошкина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11, № 3(156). – С. 188-192. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.03.11.018. – EDN HMIHMJ.*

9. *Насырова, С. И. Цифровая сфера человеко-ориентированной экономики: ключевые тенденции / С. И. Насырова // Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 596-631. – DOI 10.18720/IEP/2022.2/21. – EDN GKBKEO.*

10. *Ергунова О.Т. Нейросетевые решения и блокчейн в управлении трудовыми ресурсами мегаполисов: концепция, модели, прогнозы / О. Т. Ергунова, А. Г. Сомов, А. А. Иващенко, А. А. Седякина. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025. – 258 с. – ISBN 978-5-7422-9248-7. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id25-594. – EDN GKRLGH.*

11. *Алтухов П.Л. Экономика резильентных экосистем государственно-частных партнерств в здравоохранении: генеративный дизайн и достижение целей устойчивого развития. Деконструкция контрактной парадигмы государственно-частных партнерств в здравоохранении России: эмпирико-аналитическое исследование системных уязвимостей и стратегических дисфункций : монография / П. Л. Алтухов, С. Б. Ефимова, М. М. Ивашина, Т. В. Муравлева. – Саратов : Амирит, 2025. – 312 с. – ISBN 978-5-00279-026-5. – EDN LTFDLR.*

12. *Чувахина, Л. Г. Международная экономика: современные тренды / Л. Г. Чувахина. – Москва : Издательский дом "Научная библиотека", 2023. – 188 с. – EDN CAZYEG.*

Reengineering, optimization and adaptation in construction

Mikheev G.V., Gontar M.G., Narkhova S.E., Abramtsev E.G., Volkhin D.E.
Kuban State Technological University, South-Russian State Polytechnical University (NPI) named after M.I. Platov

JEL classification: L61, L74, R53

This article discusses the specifics of construction activities. The current situation in the construction industry and development activity demonstrates partial declines in the implementation of existing projects and the launch of new ones, due to the crisis phenomena occurring in the current realities of the country's economy and the international situation as a whole. Traditional management models and mechanisms can no longer cope with a large influx of risks and negative circumstances. Therefore, it is important to consider modern factor phenomena and develop more advanced tools for future management models, especially systems and mechanisms for managing construction projects.

Keywords: construction management, projects, economics of construction, development, digitalization of construction, organization of construction, economy of the region.

References

1. Zaikin, N. N. Regional economy and institutions of territorial development in modern Russia / N. N. Zaikin, Yu. Yu. Kazantsev, N. G. Filatova. Novosibirsk : Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 2025. 364 p. ISBN 978-5-8036-1080-9.
2. Dianov, D. V. Regional and sectoral economics in statistical research : a monograph / D. V. Dianov. – Moscow : Rusains Limited Liability Company, 2025. - 206 p. – ISBN 978-5-466-09008-6.
3. Golodnyuk, R. A. Regional and sectoral economics / R. A. Golodnyuk. Donetsk : Institute of Economic Research, 2024. 184 p. ISBN 978-5-00202-743-9.
4. Kovaleva, N. A. Digital economy as a driver of modernization of regions / N. A. Kovaleva, V. V. Vodopyanova, M. A. Bulgarov // Applied economic research. – 2025. – No. 5. – pp. 64-71. – DOI 10.47576/2949-1908.2025.5.5.007.
5. Chelenko, A.V. Limitations and possibilities of transition of Russian enterprises to lean production / A.V. Chelenko // Innovations in management. – 2025. – № 4(46). – Pp. 54-61.
6. Dragulenko, V.V. Analysis of consumer behavior in the digital economy using big data technologies / V. V. Dragulenko, A. L. Zolkin, O. L. Girshevich, I. V. Soloviev // Innovative economics: information, analytics, forecasts. – 2024. – No. 4. – pp. 206-212. – DOI 10.47576/2949-1894.2024.4.4.025.
7. Babkin A.V. Strategic management of sustainable economic development in the new reality / A.V. Babkin, R. I. Akmayeva, N. S. Alekseeva [et al.]. – St. Petersburg : POLYTECH PRESS, 2022. - 752 p. - ISBN 978-5-7422-7755-2.
8. Nikolaeva, S. G. Analysis of big data in economics: application and prospects / S. G. Nikolaeva, N. P. Semichevskaya, L. Y. Koshkina // Economics and management: problems, solutions. – 2025. – Vol. 11, No. 3(156). – pp. 188-192. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.03.11.018.
9. Nasyrova, S. I. The digital sphere of the human-oriented economy: key trends / S. I. Nasyrova // Strategic management of sustainable economic development in the new reality. – Saint Petersburg : POLYTECH PRESS, 2022. – pp. 596-631. – DOI 10.18720/IEP/2022.2/21.
10. Ergunova O.T. Neural network solutions and blockchain in the management of human resources of megacities: concept, models, forecasts / O. T. Ergunova, A. G. Somov, A. A. Ivashchenko, A. A. Sedyakina. – Saint Petersburg : Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, 2025. – 258 p. – ISBN 978-5-7422-9248-7. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id25-594.
11. Altukhov P.L. Economics of resilient ecosystems of public-private partnerships in healthcare: generative design and achievement of sustainable development goals. Deconstruction of the contractual paradigm of public-private partnerships in Russian healthcare: Empirical and analytical study of systemic vulnerabilities and strategic dysfunctions: a monograph / P. L. Altukhov, S. B. Efimova, M. M. Ivashina, T. V. Muravleva. Saratov : Amirit, 2025. 312 p. ISBN 978-5-00279-026-5.
12. Chuvakhina, L. G. International economics: modern trends / L. G. Chuvakhina. – Moscow : Scientific Library Publishing House, 2023. 188 p.

Восприятие сооружений в структуре рельефа в ландшафтной архитектуре

Медведева Ольга Александровна
студент, кафедра высшей школы архитектуры и градостроительства, Тихоокеанский государственный университет,

Панчук Наталья Николаевна
старший преподаватель, высшей школы архитектуры и градостроительства, Тихоокеанский государственный университет

В этой статье исследуются значение рельефа в ландшафтной архитектуре, особенности проектирования зданий с учетом рельефных особенностей, важность рационального использования земли, сохранения природной уникальности и гармоничного внедрения зданий в окружающий ландшафт. В статье представлен анализ нескольких зданий.
Ключевые слова: восприятие, ландшафт, рельеф, архитектура, проектирование, градостроительство.

В настоящее время большое значение придается рациональному использованию земельных ресурсов и сохранению их природной уникальности. Сложный рельеф территории обладает высокими рекреационными и эстетическими качествами. Естественные особенности рельефа оказывают влияние на особенности планировочной организации застройки.

Сегодня под ландшафтной архитектурой понимается особый вид архитектурной деятельности, направленный на формирование гармоничного и функционального окружения для жизни человека. В современном мире ландшафтная архитектура всё плотнее интегрируется с архитектурой, градостроительством и планированием территорий.

Рельеф– это основной элемент ландшафта, определяющий композиционно-планировочное решение.

В работе архитектора с территорией проводится анализ особенностей рельефа, ориентация по сторонам света, направление преобладающих ветров и ключевых визуальных точек, параллельно ведётся и градостроительный анализ. С помощью таких исследований можно решить, насколько ландшафт подходит для участка, предназначенного для дальнейшего проектирования.

Проектирование на рельефе можно поделить на два типа:

1. противопоставление(поляризация)– способ проектирования, при котором рельеф остаётся не тронутым и соприкосновение со зданием минимальны, но на точки прикосновения ложится несущая нагрузка;
2. слияние (интеграции)- способ проектирования, при котором сооружение и рельеф становится одним целым, дополняют друг друга и находятся в равновесии.

Рельеф, с одной стороны, влияет на микроклиматические условия участка, распределение воды и, следовательно, состояние растительности; с другой стороны – формирует образное восприятие нового ландшафта, его объемно-пространственную структуру и, следовательно, его относительную эстетическую ценность в системе ландшафтов современного города и частного участка.

Проанализируем несколько примеров, где здание гармонично вписывается в окружающую среду

Павильон No Sunrise No Sunset

Ао Нанг, Краби, Тайланд. Это завораживающий павильон-инсталляция, придуманный тайским художником Kamin Lertchaiprasert, чьи работы входят, например, в коллекцию музея Гуггенхайма вместе с архитектором Сурия Умпансиратана из банкогского бюро Walllasia Ltd. Если бы простейшая конструкция, представляющая собой прямоугольную структуру, не была покрыта зеркальными панелями этот павильон никто бы никогда и не заметил, и даже не вспомнил, но отражающие поверхности способны творить чудеса. Зеркальный фасад «обновляет и преображает», по сути, обычную бетонную коробку с поворотной зеркальной панелью, отражая изумрудные воды Андаманского моря, над которым она «парит», пенные вершины его волн, фантастической красоты восходы и закаты, постоянное движение облаков и смену причудливых теней. No Sunrise No Sunset стал органичным продолжением пляжа, моря, скалы и экзотической растительности, которая вплотную подходит к берегу (рис 1).

Горный музей Месснера

В итальянских Альпах на вершине горы Кронплатц, на высоте 2275 метров над уровнем моря, открылся новый музей, здание для которого спроектировало бюро Захи Хадид с Питером Ирмшером, Музей плавно переходит в гору, отдавая должное ландшафту и создавая монолитный интерьер (рис 2).

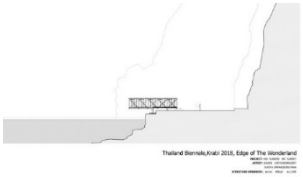


Рис. 1 Павильон No Sunrise No Sunset
Рис. 2 Горный музей Месснера.

UCCA Dune Art Museum

Циньхуандао, Китай. Архитекторы OPEN Architecture. Дата постройки: 2018 год. В основе архитектурной концепции музея лежит не только бережное отношение компании OPEN Architecture к природе, но и символическое значение пещеры, как самой ранней формы убежища человека и пространства, на стенах которого впервые появилась живопись. Для данного проекта вообще характерна гармоничная связь времен. Например, сложная трехмерная геометрия бетонных подземных галерей была сформирована вручную местными рабочими, которые использовали опалубку из небольших деревянных досок. Доски складывались в соответствии с исторической технологией кораблестроения. Архитекторы сознательно сохранили нерегулярную и несовершенную структуру, оставленную опалубкой, и только покрасили ее в белый цвет, чтобы посетители могли прочувствовать, что такую необычную конструкцию можно сделать вручную. Общая площадь музея составляет около 1000 квадратных метров. Его структура состоит из 10 галерей, кафе и смотровой площадки с видом на море. Вход в музей представляет собой длинный темный туннель, который в самом конце неожиданно расширяется, и посетители попадают в самое большое из выставочных пространств. Из пещерных галерей можно подняться наверх по винтовой лестнице, которая ведет на смотровую площадку (рис 3).

Замок Нойшванштайн в Германии

Архитектурный шедевр с логотипа Дисней. Этот замок никогда не был оборонительным, он был романтической фантазией Людвига 2. Белоснежный замок короля Людвига 2 с остроконечными башнями возвышается на одинокой скале у подножия Альпийских гор. В дни, когда облака опускаются низко и деревья скрыты туманом, появляется ощущение, будто величественное строение парит в воздухе (рис 4).

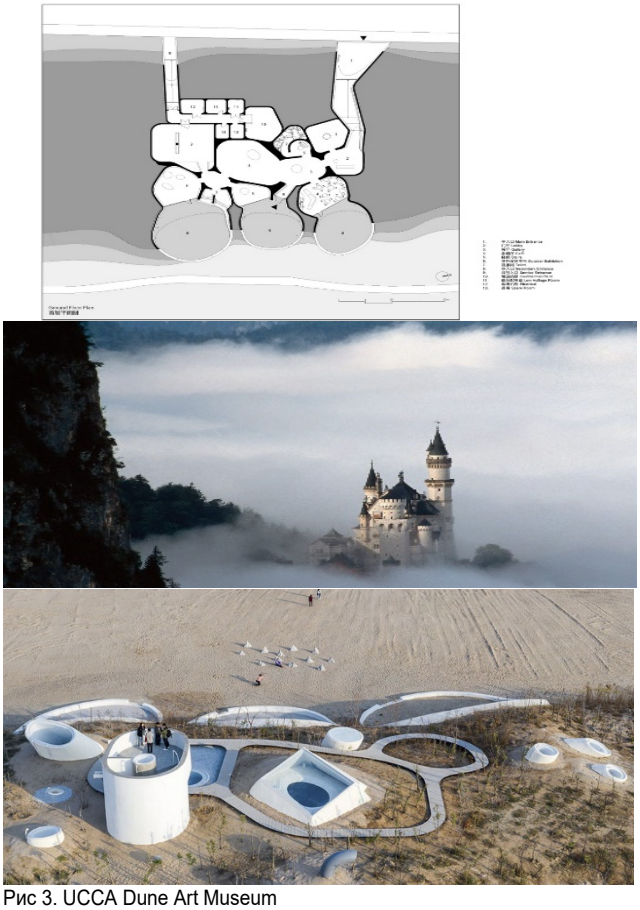


Рис 3. UCCA Dune Art Museum

Рис 4. Замок Нойшванштайн в Германии

Смотровая площадка амурский утёс

С неё открывается чудесный вид на реку Амур и сопки. Очень хорошо вписался в рельеф и в окружающую среду. Если смотреть на него идя по набережной, то можно увидеть, как будто здание, силуэт корабля. (рис 5)

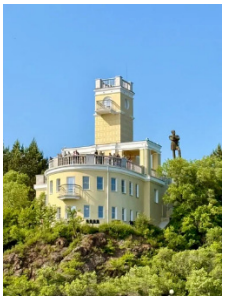


Рис. 5 Амурский утёс.

И таких примеров не мало, вот несколько из них:

- Международный отель в парке развлечений в Шанхае, Проект

«Горной деревни» в горах Хуаншаня в Китае. Китайские архитекторы во главе с Ма Янсунем. В этом проекте здания полностью повторяют форму гор (рис 6);

- Частная резиденция NN. Московская область, Россия. Авторы: J. Mayer H.

und Partner. Архитектор проекта: Макс Маргорский (Max Margorskyi) 2019. Площадь двухэтажного особняка NN - 5 300 квадратных метров. С помощью консольных и изогнутых террас, между внутренними и внешними пространствами формируется широкий диапазон переходов, в которые встроены объекты озеленения: спроектированные сады и ландшафтные зоны, а также нетронутая природа. Когда гуляешь вдоль них, то возникает ощущение, что находишься в лесу. Этим редко могут похвастать даже самые необычные дома. Фасад здания застеклен по всему периметру, что не только обеспечивает хорошее естественное освещение, но и визуально связывает интерьер и экстерьер. При этом частная жизнь обитателей дома остается скрытой, так как их личные комнаты расположены глубоко внутри здания. Комнаты на верхних этажах имеют прямой выход в сад через скатные зеленые крыши. (рис 7).

Рис. 6 «Горная деревня», Китай

Рис. 7 Частная резиденция NN

Проектирование дома с учетом рельефа участка должно учитывать не только функциональные и технические аспекты, но и экологические и эстетические факторы.

Наряду с удачными решениями есть и примеры визуального диссонанса, когда постройка не вписывается ни в масштаб, ни в место.

Небоскрёбы на испанском курорте Бенидорн

Сделаны вообще не в типичном стиле Испании. Разные по размеру и стилю здания как будто просто хаотично растут из-под земли, споря с задним видом природы. Нет единого целого. Строятся без учёта силуэта гор. В итоге ландшафт просто становится подставкой под бетон (рис 8).

Башня Монпарнас

Париж, Франция. Пример того, как одно здание может разрушить весть облик города. Огромный чёрный монолит резко выделяется на фоне всего города, башня не имеет никакой связи с окружающим ландшафтом, из-за чего оно кажется иногородним объектом. Используя другой материал облик здания можно было бы сделать более цельным. Например, использовать другое остекление, которое бы отражало весь облик соседних зданий давая эффект прозрачности (рис 9).

Рис. 7 Небоскрёбы, Бенидорн

Рис. 8 Башня Монпарнас

В ходе проведённого анализа были сделаны некоторые выводы, что исторический ландшафт сложен в эксплуатации, поэтому минимизация вмешательства в естественный рельеф позволяет сохранить местную экосистему и снизить воздействие на окружающую среду. Так же на основе рассмотренных неудачных примеров взаимодействия здания с рельефом важно, чтоб сооружение органично сочеталось с природной средой. Этот эффект можно достичь с помощью использования натуральных, подходящих материалов, такие как камень и дерево, так же грамотно подбирать цвета и продумывать ландшафтный дизайн, который учитывает рельеф участка и его растительность.

Литература

1. Яковенко Н. Е., Тулянова А. С. Учёт особенностей рельефа участка при Проектировании зданий [Электронный ресурс]. URL https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-osobennostey-reliefa-uchastka-pri-proektirovanii-zdaniy/viewer (дата обращения: 26.09.2025).
2. Роль рельефа ландшафта в дизайне участка/ Амфора. 18 февраля 2016 [Электронный ресурс]. URL:https://amforma.ru/stati/relef/ (дата обращения: 28.09.2025).
3. Проектирование дома с учётом особенностей рельефа участка / Лидер строй строительная компания, [Электронный ресурс]. URL https://lider-stroy.by/blog/proektirovanie-doma-s-uchetom-relefa-uchastka (дата обращения: 29.09.2025)
4. Архитектура и дизайн / Архитектурная мастерская Architect4U. —Москва, ул. Челябинская, дом 15, с.1 [Электронный ресурс]. URL:https://www.architect4u.ru/articles/article04.html (дата обращения: 29.09.2025).
5. Зелесская Л. С., Микутина Е. М. Ландшафная архитектура / Москва: стройиздат, 1979 – 234 с. (стр 56-59) (дата обращения: 29.09.2025)
6. Леденева Н. Архитектура и ландшафт: топ 10/ARCHITIME.RU [Электронный ресурс]. URL: https://www.architime.ru/specarch/top_10_landscape/architecture_and_landscape.htm (дата обращения: 30.09.2025)
7. Ucca Dune Art Museum / ARCHITIME.RU [Электронный ресурс]. URL:
8. https://www.architime.ru/specarch/open_architecture/ucca_dune_art_museum.htm#1.jpg (дата обращения: 09.05.2026).

Perception of Structures in the Relief Structure in Landscape Architecture

Medvedeva O.A., Panchuk N.N.
Pacific National University

JEL classification: L61, L74, R53

This article explores the significance of topography in landscape architecture, the specifics of building design that takes topography into account, the importance of rational land use, preserving natural uniqueness, and harmoniously integrating buildings into the surrounding landscape. The article presents an analysis of several buildings.

Keywords: perception, landscape, topography, architecture, design, urban planning.

References

1. Yakovenko N. E., Tulyanova A. S. Considering Site Topography in Building Design [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-osobennostey-reliefa-uchastka-pri-proektirovanii-zdaniy/viewer (accessed: September 26, 2025).
2. The Role of Landscape Topography in Site Design / Amphora. February 18, 2016 [Electronic resource]. URL: https://amforma.ru/stati/relef/ (accessed: September 28, 2025).
3. Designing a House Taking into Account Site Topography / Lider Stroy Construction Company, [Electronic resource]. URL: https://lider-stroy.by/blog/proektirovanie-doma-s-uchetom-relefa-uchastka (Accessed: September 29, 2025)
4. Architecture and Design / Architectural Studio Architect4U. — Moscow, Chelyabinskaya St., Building 15, Bldg. 1 [Electronic resource]. URL: https://www.architect4u.ru/articles/article04.html (Accessed: September 29, 2025).
5. Zeleskaya, L. S., Mikutina, E. M. Landscape Architecture / Moscow: Stroyizdat, 1979 – 234 p. (pp. 56-59) (Accessed: September 29, 2025)
6. Ledeneva, N. Architecture and Landscape: Top 10/ARCHITIME.RU [Electronic resource]. URL: https://www.architime.ru/specarch/top_10_landscape/architecture_and_landscape.htm (Accessed: September 30, 2025)
7. Ucca Dune Art Museum / ARCHITIME.RU [Electronic resource]. URL: https://www.architime.ru/specarch/open_architecture/ucca_dune_art_museum.htm#1.jpg (Accessed: May 9, 2026).

Ингибиторная защита строительных металлоконструкций от коррозии

Чурикова Валерия Игоревна
к. т. н., доц. кафедры «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений», Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), vachurikova@yandex.ru,

Паренкина Ярослава Денисовна
магистрант, кафедра «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений», Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), darina.podkaminskaya.02@mail.ru,

Габова Виктория Викторовна
к. т. н., доц. кафедры «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений», Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), gabovavv@yandex.ru,

Фомичев Валерий Тарасович
д.т.н., профессор, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), Независимый эксперт,

Чичерина Галина Владимировна
к.т.н., доц., доц. кафедры «Математические и естественные науки», Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), miit.vgasu@mail.ru

Предложены методы защиты металлических строительных конструкций от солянокислой среды. В качестве органических ингибиторов используются новые азометины: фенилгидразоны и диимины, содержащие двойную связь углерод-азот, а также м-феноксифельную группу с системой сопряженных атомов углерода. Выполнен численный расчет в программном комплексе «Лира САПР» для двух вариантов: с учетом коррозионных повреждений и без их учета. Сравнительный анализ позволил оценить снижение несущей способности строительных конструкций под воздействием кислой среды. Применение предложенных аминосодержащих ингибиторов существенно замедляет скорость коррозии. Введение азометинов повышает долговечность и надежность металлоконструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивной солянокислой коррозии. Полученные данные подтверждают эффективность выбранных ингибиторов.
Ключевые слова: металлические строительные конструкции, солянокислотная коррозия, азометины, фенилгидразоны, диимины, ингибитор, коррозия, скорость коррозии, эффективность ингибирования, несущая способность, агрессивная среда, долговечность строительных конструкций.

Защита строительных металлоконструкций от коррозии - актуальная задача, поскольку отмечается увеличение темпа роста коррозионных потерь, в том числе и в строительной области. Основные потери, обусловленные коррозией строительных металлоконструкций, связаны не только с потерей металла, но и со стоимостью последующих ремонтных работ, потерями за счёт прекращения эксплуатации строительных объектов, затратами на предотвращение аварий, недопустимых, в том числе, с точки зрения экологической безопасности. Таким образом, поиск способов борьбы с коррозией строительных металлоконструкций является весьма актуальным.

Любое современное сооружение от высотного жилого комплекса до моста – держится на металлическом каркасе. Именно стальные конструкции принимают на себя основные нагрузки, обеспечивая жесткость и устойчивость здания. Однако долговечность этого каркаса напрямую зависит от того, насколько хорошо защищен материал от внешнего воздействия.

Влага, перепады температур, агрессивные влажные и химические воздействия со временем начинают разрушать поверхность металла. Этот процесс ведет к потере несущей способности, а ресурс безопасности объекта снижается. Традиционные методы и способы борьбы с этим явлением часто связаны либо с нанесением толстых пленок, либо с изменением состава самого металла, что не всегда технологично и экономически оправдано.

В последнее время все больше и больше внимание строителей привлекает метод ингибиторной защиты. В отличие от создания грубого изолирующего слоя, этот подход предлагает «успокоить» поверхность металла изнутри, замедлив ее реакцию на агрессивные факторы среды. Для строителя это отличная возможность продлить сроки эксплуатации здания или сооружения, снизить риск аварийных состояний старых конструкций и сохранить геометрию металлических элементов без их демонтажа или утяжеления.

В данной статье рассматривается, как методы ингибирования могут быть адаптированы под реальные условия стройплощадки и эксплуатации здания, а также оценивается эффективность такого метода для сохранения целостности строительных металлоконструкций без использования классических химических модификаторов.

По условиям протекания процесса коррозии применительно к работе строительных металлоконструкций наблюдаются следующие виды коррозии:

- **атмосферная** – коррозия металлов в атмосфере воздуха. Строительные металлические конструкции чаще всего подвергаются атмосферной коррозии (на открытом воздухе, внутри промышленных зданий и под навесами). Степень агрессивного воздействия среды на конструкции при атмосферной коррозии определяется продолжительностью воздействия фазовой и адсорбционной пленок влаги, а также видом и концентрацией газов, составом, наличием солей и аэрозолей в воздухе.

Коррозия металлических конструкций, эксплуатируемых в закрытых помещениях, определяется воздействием адсорбционной пленки влаги, а также агрессивностью воздуха. С повышением относительной влажности и агрессивности воздуха. Образование фазовой пленки влаги на металлических конструкциях ускоряет коррозию на порядок;

- **в жидких средах** – коррозия металлоконструкций, подвергающихся воздействию природных и технических вод, металлоконструкций, сооружений резервуаров и емкостей, работающих в условиях воздействия растворов кислот, щелочей, солей, сточных и промышленных вод очистных сооружений. Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на металлические конструкции устанавливается по pH и температуре среды, по содержанию сульфатов и хлоридов, степени насыщения газами или по виду среды, а также по положению конструкций в жидких средах.
- **подземная** – коррозия в случае воздействия на металл почвы или грунта (шпунты, фундаменты и др.). На развитие процесса коррозии металлов в почвах оказывает влияние продолжительность нахождения металла в почвах при плюсовых температурах, влажность и воздухопроницаемость почвы, содержание кислорода, кислотность и солевой состав почвы [1-5].

Для объективной оценки влияния коррозионных процессов на несущую способность была составлена расчетная схема в ПК Лира САПР. Пространственная модель отражала реальную геометрию здания. Всем стержневым и пластичным элементам схемы были назначены жесткости

и материалы. В некоторых деталях фермы и стойках для второго варианта расчета была приложена неравномерная коррозионная активность в 1 и 2 мм. (рис.1)

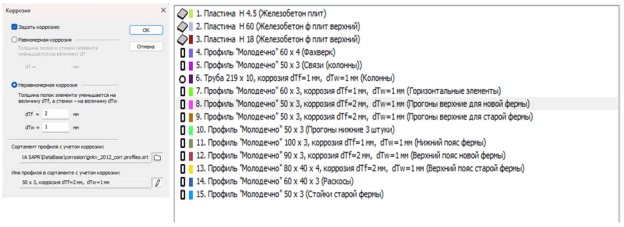


Рис. 1. – Характеристики коррозии приложенные на строительные конструкции

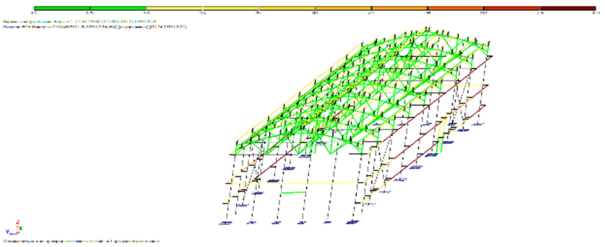


Рис. 2. – Мозаика результатов проверки назначенного сечения по 1 предельному состоянию(1ПС) без учета коррозионной активности

Рис. 3. – Мозаика результатов проверки назначенного сечения по 2 предельному состоянию(2ПС) без учета коррозионной активности

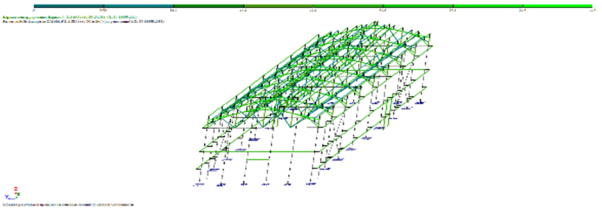


Рис. 4. – Мозаика результатов проверки назначенного сечения по местной устойчивости без учета коррозионной активности

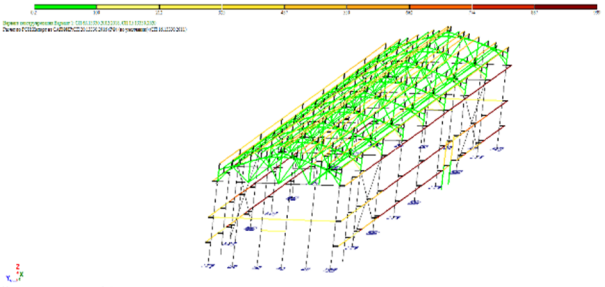


Рис. 5. – Мозаика результатов проверки назначенного сечения по 1 предельному состоянию(1ПС) с учетом коррозионной активности

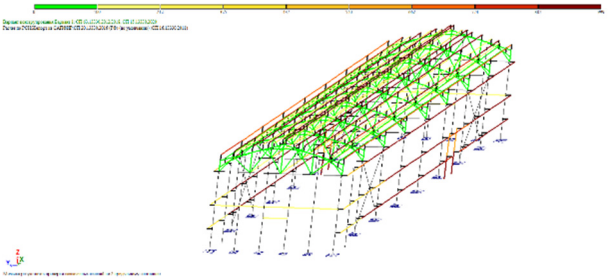


Рис. 6. – Мозаика результатов проверки назначенного сечения по 2 предельному состоянию(2ПС) с учетом коррозионной активности

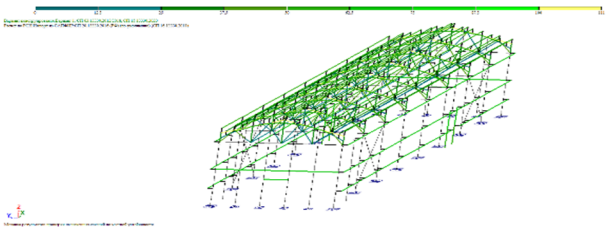


Рис. 7. – Мозаика результатов проверки назначенного сечения по местной устойчивости с учетом коррозионной активности

Для модели без учета коррозии (рис.2,3,4) мозаика напряжений показало равномерное, прогнозируемое распределение усилий. Зоны концентрации напряжений локализовались лишь в местах приложения сосредоточенных нагрузок, что соответствует штатной работе упругой системы.

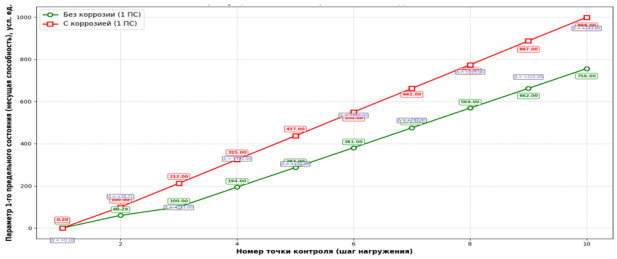


Рис. 8. – Сравнительный график напряжений по 1ПС

Общий уровень напряжений в несущих конструкциях не превышал допустимые значения, установленные для первой группы предельных состояний. Каркас работал, как цельная сбалансированная система.

Рис. 9. – Сравнительный график напряжений по 2ПС

Для модели с учетом коррозионного износа(рис.5,6,7) полученная мозаика напряжений демонстрирует наиболее плачевные результаты по сравнению с расчетом без коррозии. В местах, где была уменьшена толщина элементов, возникли зоны резкого повышения напряжений. Эти поля на мозаике имеют существенно большее значение.

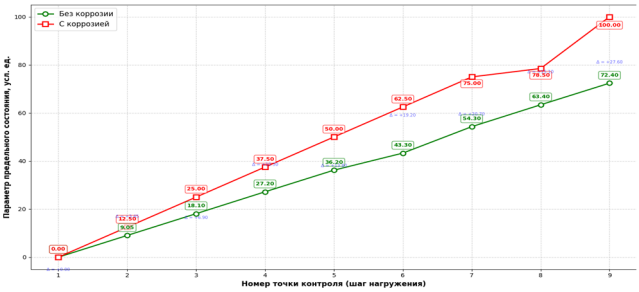


Рис. 10. – Сравнительный график напряжений по МУ

В наиболее ослабленных коррозией элементах напряжения превысили предельно допустимые значения для материала конструкций. Это означает, что зоны работают в пластичной стадии, а их дальнейшая эксплуатация связана с риском потери несущей способности и развития недопустимых деформаций.

От расчетного анализа напряженного состояния корродированной конструкции необходимо рассмотреть суть ингибиторного метода и понять как его химический состав воздействует на конструкции, во избежание аварийных ситуаций.

В зависимости от условий, в которых находится металл, от его природы, а также назначения металлических изделий, используют различные методы защиты от коррозии (рис.8).

Рис. 8. –Методы защиты от коррозии.

Распространённым методом защиты металла от коррозии являются разнообразные покрытия металлических изделий веществами, предохраняющими от разрушений. К группе защитных покрытий относятся различного рода металлические и лакокрасочные покрытия, эмали, смазки, листовые и футеровочные покрытия и др. (рис.9).

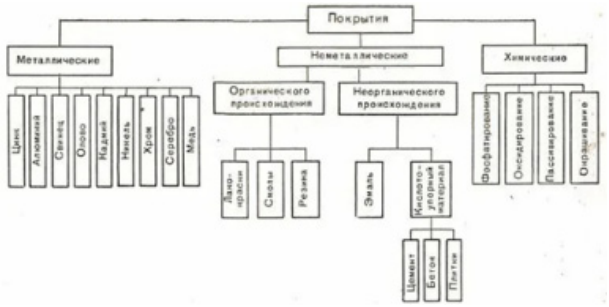


Рис. 9. – Классификация антикоррозионных покрытий

На заводе-изготовителе металлоконструкций поверхность металла под покраску очищают либо в прокате (листовом, профильном), либо в собранных элементах (узлах) конструкций. Первая схема имеет существенные преимущества: очистка проката до сборки в узлы (т.е. на стадии заготовок) дает возможность вести эту работу на высокопроизводительных поточных и автоматических линиях, требует меньше производственных площадей, чем при очистке в узлах, и позволяет обрабатывать всю поверхность металла, тогда как после сборки узлов образуются недоступные для очистки места. Подготовка поверхности металла в прокате может производиться с помощью любого способа механической и химической очистки; при подготовке поверхности в узлах применима только механическая очистка, химическая не допускается. Это вызвано невозможностью гарантировать достаточно полную промывку поверхности узла от травильных растворов, под влиянием которых снижается прочность сварных швов [5].

Данная технология предполагает применение для травления металла серной кислоты либо азотной или соляной. Например, углеродистые стали обрабатывают 8–20%-ным раствором серной или 10–20%-ным раствором соляной кислоты. Чтобы избежать дальнейшей хрупкости материала, а также для снижения вероятности перетравливания, в состав вносят ингибиторы коррозии [6].

Ингибированные кислоты широко применяются для кислотного травления металлов, так как они растворяют окислы металлов, в то время как реакция взаимодействия металла с кислотой тормозится, вследствие чего не происходит выделения водорода, Этот метод травления имеет огромное техническое значение, так как при травлении металла в кислотах без ингибитора не только получается излишний расход металла (кислота в таком случае растворяет окислы и металл), но и выделяется водород, который диффундирует в металл. Диффузия водорода в металле вызывает так называемые травильные пузыри, которые портят изделия, делают металл более хрупким и изменяют ряд других, механических свойств металла.

Ингибиторы кислотной коррозии стали, могут быть использованы в нефтяной, машиностроительной, энергетической, химической и других отраслях промышленности для защиты стального оборудования, эксплуатируемого в кислотных средах, а также в композиционных кислотных смесях [6].

По химической природе ингибиторы бывают неорганические, органические и летучие (парофазные). Так же ингибиторы коррозии могут отличаться по характеру (анодные, катодные и смешанные), механизму своего действия (пассивирующие и адсорбционные), по химической природе сред (для кислых коррозионных сред, сероводородной коррозии, нефтяных сред, нейтральных коррозионных и др.), степени блокировки поверхности металла.

Органические ингибиторы представляют собой органические элементы, которые не взаимодействуют с продуктами коррозии, и адсорбируются только в верхних пластах материала строительных металлоконструкций, препятствуя их коррозионному разрушению. К органическим ингибиторам, продемонстрировавшим отличный противокоррозионный эффект, причисляют ароматические и алифатические соединения, которые содержат атомы азота, серы и кислорода [4-10]:

- кислоты и соли органических кислот, в состав которых есть гидроксильные и аминоксильные группы, очень хорошо замедляющие процесс коррозии железа в кислотных средах, маслах и электролитах;
- меркаптаны (тиолы), сульфиды и дисульфиды (как правило, используют тимочевину, бензотриазол, дибензилсульфоксид, а также разнообразные алифатические органические вещества) гарантируют хороший антикоррозионный эффект;
- амины по результативности антикоррозионной защиты уступают тиолам, однако, являясь дешевыми ингибиторами, противостоят коррозии металлов в кислотных средах и водных растворов путем сдерживания катодной и анодной реакции [4-10,14-20]

Задачей исследования является получение новых ингибиторов кислотной коррозии, которые при введении в соляную кислоту обеспечивают высокий защитный эффект стали.

В ходе эксперимента в кислую среду вводили ингибитор аминного типа. В качестве ингибиторов используются новые соединения - диимины, общей формулы:

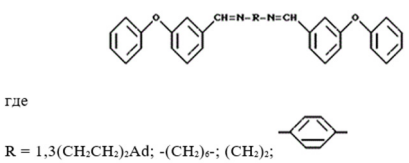


Рис. 10. – Структурная формула соединения диимина

Органические ингибиторы, добавляемые в растворы электролитов, снижают скорость коррозии исключительно за счет их адсорбции на поверхности металла. При этом блокируются активные центры растворения.

Диимины получают по классической реакции альдегидов с аминами. м-Феноксибензальдегид подвергают взаимодействию с ароматическими, алифатическими и ациклическими диаминами в отсутствие растворителя, при температуре 100 – 110 ºС в течение 1,5 - 2 ч, по следующей схеме:

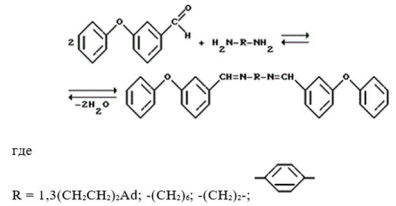


Рис. 11. – Структурная формула м-феноксибензальдегид

Диимины очищают перекристаллизацией из соответствующих растворителей. Они представляют собой порошки, имеющие окрашивание от белого до ярко зеленого цвета, либо вязкую жидкость.

При введении в соляную кислоту ингибиторов, содержащих м-феноксифенильный фрагмент, удельная скорость коррозии составила 0,032…0,066 г/м^2·час. Удельная скорость коррозии стали с использованием ингибитора В-2 составила 0,2…0,3 г/м^2·час. Степень защиты ингибиторами нового типа более 99 %.

Положительный результат показал и новый бензоилгидразон м-феносибензальдегида (БГФБ), который получают при взаимодействии м-феноксибензальдегида с ароматическим гидразином.

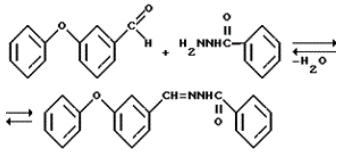


Рис. 12. – Структурная формула БГФБ

Полученный ингибитор БГФБ вводят в раствор соляной кислоты концентрации 29%. Испытания проводят в соответствии с ГОСТ 9.505-86 (СТ СЭВ 2596-85) "Ингибиторы кислотной коррозии" для углеродистой стали Ст. 3 и 08кп. Дозировка ингибитора - 1 вес.%. Время испытаний - 24 ч. Температура кислоты - 20оС. Время перемешивания раствора - 30 мин.

При введении в соляную кислоту ингибитора БГФБ удельная скорость коррозии составила 0,066 г/м2 • час; 0,074 мм/год. Удельная скорость коррозии стали без использования БГФБ составила 15 г/м2 • час. Степень защиты ингибитором Z - 99,64%. Защитная способность ингибитора - отличная.

В результате выполненного исследования, включающего численное моделирование в ПК Лира САПР и анализ физико-химического механизма ингибиторной защиты, можно сделать следующие выводы, что:

В части строительного расчета было установлено, что коррозионное повреждение металлоконструкций приводит к критическому изменению их напряжённо-деформированного состояния. Сравнительный расчет по первой и второй группам предельных состояний для двух моделей показал, что даже локальная потеря сечения элементов вызывает опасное перераспределение усилий. Без своевременной защиты такая конструкция работает на грани разрушения.

В части разбора химического состава было показано, что эффективный альтернативой пассивным барьерным покрытием является ингибиторный метод. Его суть заключается в образовании на поверхности металла устойчивых химических связей между молекулами. Таким образом, предложенная новая область применения азометинов, содержащих м-феноксифенильный фрагмент, делает перспективным это направление исследований и помогает защитить строительные конструкции от коррозий.

Ингибиторная защита, воздействуя на коррозию на молекулярном уровне, напрямую сохраняет геометрические характеристики сечения элементов – ту самую жесткость, которая закладывается в расчетную схему.

В заключение можно сказать, что ингибиторный метод обеспечивает не только химическую, но и строительную надежность металлокаркаса, предотвращая тот плачевный сценарий напряженного состояния, который был выявлен моделированием для незащищенной коррозией конструкции.

Литература

1. Розенфельд И. Л. Коррозия и защита металлов. - М.: Металлургия, 1969. - 448 с.
2. Скорчелетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов. Л. - Химия. - 1973. - 264 с.
3. Шлугер М.А. Коррозия и защита металлов / М.А. Шлугер, Ф.Ф. Ажогин, М.А. Ефимов. - М., 1981. - 216 с.
4. Гиннэ С.В. О методах защиты строительных металлоконструкций от коррозии, снижающих агрессивность коррозионной среды / С.В. Гиннэ // Эпоха науки №18. 2019 С.70-77
5. Пособие по проектированию защиты строительных металлоконструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85) / ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова. М., 2019. – 150 с.
6. . Балезин С.А. Отчего и как разрушаются металлы. Пособие для учащихся. Изд. 3-е, перераб. М., «Просвещение», 1976. 160 с.
7. Иванов Е.С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах. Справочник. - М.: Металлургия. - 1986. - 176 с.
8. Алексеев С.Н., Ратинов В.Б., Розенталь Н.К., Кашурников Н.М. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях. М., "Стройиздат", 1985
9. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. Киев. - Техника. - 1981. - 181 с.
10. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. - Л.: Химия, 1986. - 144 с.
11. Попов Ю. В., Корчагина Т. К., Чичерина Г. В. Синтез и реакции азометинов, содержащих м-феноксифенильную группу. N-арил -м-феноксифенилметанимины и арилгидразоны м-феноксибензальдегида // Журнал органической химии. 2001. — №37. Вып. 5. С. 716—718.
12. Синтез и реакции азометинов, содержащих м-феноксифенильную группу. III. N,N`-бис (м-феноксибензилиденамино) арены, -алициклены и -полиметилены, синтез и свойства / Ю. В. Попов, Т. К. Корчагина, Г. В. Чичерина, Т. А. Ермакова // Журнал органической химии. 2006. — №42. Вып. 5. С. 685—688.
13. Волкова, Т.Г. Структура и свойства ароматических и жирноароматических азометинов / Т.Г. Волкова, М.В. Клюев // Бутлеровские сообщения. - 2011. - т. 24. - №3. - с. 15-25.
14. The inhibitive effect of some pyridines towards the corrosion of iron in hydrochloric acid solution / A. Aouniti, B. Hammouti, S. Kertit, M. Brighli // Bulletin of electrochemistry. - 1998. - Vol. 14, no. 6. - P. 193-198.
15. New pyrazole derivatives as effective Inhibitors for the corrosion of mild steel in HCl medium / M. Elouafi, B. Hammouti, H. Oudda, S. Kertit, R. Touzani, A. Ramdani // Anti-corrosion methods and materials. - 2002. -Vol. 49, no. 3. - P. 199-204
16. Electrochemical and quantum chemical studies of 3,5-di(n-tolyl)-4-amino-1,2,4-triazole adsorption on mild steel in acidic media / F. Bentiss, M. Lagrene'e, B. Mehdi, B. Mernari, M. Traisnel, H. Vezin // Corrosion science. - 2002. - Vol. 58, no. 58. - P. 399-407.
17. l-Phenyl-5-mercapto-l,2,3,4-tetrazole (PMT) as corrosion inhibitor for nickel in sulphuric acid solution / H. Essouffi, S. Kertit, B. Hammouti, M. Benkaddour // Bulletin of electrochemistry. - 2000. - Vol. 16, no. 5. -P.205-208.
18. Imidazole derivatives as corrosion Inhibitors of copper in aerated 3% NaCl solutions / A. Dafali, B. Hammouti, S. Kertit // Journal of the electrochemical society of India. - 2001. - Vol. 50, no. 2. - P. 62-67.
19. Linear resistance model of the inhibition mechanism of steel in HCl by triazole and oxadiazole derivatives: structure-activity correlations / F. Bentiss, M. Traisnel, H. Vezin, M. Lagrene'e // Corrosion science. -2003. - Vol. 45, no. 2. - P. 371-380.
20. Corrosion Inhibition of Armco iron in HCl media by new bipyrazolic derivatives / F. Touhami, A. Aouniti, S. Kertit, Y. Abed, B. Hammouti, A. Ramdani, K. El-Kacemi // Corrosion science. - 2000. - Vol. 42, no. 6. -P. 929-940.
21. Di Sarno, L., Majidian, A., & Karagiannakis, G. (2021). The Effect of Atmospheric Corrosion on Steel Structures: A State-of-the-Art and Case-Study. Buildings. https://doi.org/10.3390/buildings11120571.
22. Zhang, Y., Zhang, S., & Liu, K. (2024). Review on Corrosion Mechanism and Mechanical Properties Degradation of Building Structural Steel. E3S Web of Conferences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449002012.
23. Chen, H., Chen, Z., Zhou, T., Guo, L., & Liu, H. (2022). Experimental Investigation of Various Corroded Metal Materials Used in Building Structures. Journal of Materials in Civil Engineering. https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0004498.
24. Manu, K., Madhushree, C., Chandini, M., Shree, N., Hemanth, S., & Jeevan, T. (2025). Corrosion in Steel Structures: A Review. Journal of Mines, Metals and Fuels. https://doi.org/10.18311/jmmf/2025/46985.
25. Паренкина, Я. Д. Анализ жесткостных характеристик в металлическом каркасе одноэтажных зданий на прочность и устойчивость / Я. Д. Паренкина, Е. С. Мельникова, В. И. Журавлева // Развитие городского строительства и хозяйства в трудах молодых ученых : Сборник трудов научно-практической конференции, Волгоград, 22–30 апреля 2025 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2025. – С. 61-64. – EDN SDMSFP.

Inhibitory protection of building metal structures from corrosion

Churikova V.I., Parenkina Ya.D., Gabova V.V., Fomichev V.T., Chicherina G.V.
Volgograd State Technical University (VolSTU)

JEL classification: L61, L74, R53

Methods for protecting metal building structures from hydrochloric acid environments are proposed. New azomethines are used as organic inhibitors: phenylhydrazones and diimines containing a carbon-nitrogen double bond, as well as an m-phenoxyfel group with a system of conjugated carbon atoms. Numerical calculations were performed using the Lira-SAPR software package for two scenarios: with and without corrosion damage. A comparative analysis allowed us to assess the reduction in the load-bearing capacity of building structures exposed to an acidic environment. The use of the proposed amine-containing inhibitors significantly slows the corrosion rate. The introduction of azomethines increases the durability and reliability of metal structures operating under aggressive hydrochloric acid corrosion conditions. The data obtained confirm the effectiveness of the selected inhibitors.

Keywords: metal building structures, hydrochloric acid corrosion, azomethines, phenylhydrazones, diimines, inhibitor, corrosion, corrosion rate, inhibition efficiency, load-bearing capacity, aggressive environment, durability of building structures.

References

1. Rosenfeld I. L. Corrosion and Protection of Metals. Moscow: Metallurgy, 1969. 448 p.
2. Scorcelletti V. V. Theoretical Foundations of Metal Corrosion. Leningrad: Chemistry. 1973. 264 p.
3. Shluger M. A. Corrosion and Protection of Metals / M. A. Shluger, F. F. Azhogin, M. A. Efimov. Moscow, 1981. 216 p.
4. Ginne S. V. On Methods of Protecting Building Metal Structures from Corrosion, Reducing the Aggressiveness of the Corrosion Environment / S. V. Ginne // Epoch of Science, No. 18. 2019 pp. 70-77
5. Handbook for Designing Corrosion Protection for Building Metal Structures (to SNiP 2.03.11-85) / ZAO TsNIIPSK im. M., 2019. – 150 p.
6. . Balezin S.A. Why and How Metals Destroy. Student Handbook. 3rd ed., revised. Moscow, "Prosveshchenie", 1976. 160 p.
7. Ivanov E.S. Corrosion Inhibitors of Metals in Acidic Environments. Handbook. - Moscow: Metallurgy. - 1986. - 176 p.

8. Alekseev S.N., Ratinov V.B., Rozental N.K., Kashurnikov N.M. Steel Corrosion Inhibitors in Reinforced Concrete Structures. M., "Stroy-zdat", 1985
9. Antropov L.I., Makushin E.M., Panasenko V.F. Inhibitors of metal corrosion. Kyiv. - Tekhnika. - 1981. - 181 p.
10. Reshetnikov S.M. Inhibitors of acid corrosion of metals. -L.: Chemistry, 1986. - 144 p.
11. Popov Yu. V., Korchagina T. K., Chicherina G. V. Synthesis and reactions of azomethines containing m-phenoxyphenyl group. N-aryl -m-phenoxyphenylmethanimides and arylhydrazones of m-phenoxybenzaldehyde // Russ. Zh. Organ. 2001. - No. 37. Iss. 5. pp. 716-718.
12. Synthesis and reactions of azomethines containing m-phenoxyphenyl group. III. N,N`-bis (m-phenoxybenzylideneamino) arenes, -alicyclenes and -polymethylenes, synthesis and properties / Yu. V. Popov, T. K. Korchagina, G. V. Chicherina, T. A. Ermakova // Russ. Zh. Organ. 2006. - No. 42. Iss. 5. P. 685-688.
13. Volkova, T.G. Structure and properties of aromatic and fatty-aromatic azomethines / T.G. Volkova, M.V. Klyuev // Butlerov communications. - 2011. - Vol. 24. - No. 3. - pp. 15-25.
14. The inhibitive effect of some pyridines towards the corrosion of iron in hydrochloric acid solution / A. Aouniti, B. Hammouti, S. Kertit, M. Brighli // Bulletin of electrochemistry. - 1998. - Vol. 14, no. 6. - P. 193-198.
15. New pyrazole derivatives as effective Inhibitors for the corrosion of mild steel in HCl medium / M. Elouafi, B. Hammouti, H. Oudda, S. Kertit, R. Touzani, A. Ramdani // Anti-corrosion methods and materials. - 2002. -Vol. 49, no. 3. - P. 199-204
16. Electrochemical and quantum chemical studies of 3,5-di(n-tolyl)-4-amino-1,2,4-triazole adsorption on mild steel in acidic media / F. Bentiss, M. Lagrene'e, B. Mehdi, B. Mernari, M. Traisnel, H. Vezin // Corrosion science. - 2002. - Vol. 58, no. 58. - P. 399-407.
17. l-Phenyl-5-mercapto-l,2,3,4-tetrazole (PMT) as corrosion inhibitor for nickel in sulfuric acid solution / H. Essouffi, S. Kertit, B. Hammouti, M. Benkaddour // Bulletin of electrochemistry. - 2000. - Vol. 16, no. 5. -P.205-208.
18. Imidazole derivatives as corrosion Inhibitors of copper in aerated 3% NaCl solutions / A. Dafali, B. Hammouti, S. Kertit // Journal of the electrochemical society of India. - 2001. - Vol. 50, no. 2. - P. 62-67.
19. Linear resistance model of the inhibition mechanism of steel in HCl by triazole and oxadiazole derivatives: structure-activity correlations / F. Bentiss, M. Traisnel, H. Vezin, M. Lagrene'e // Corrosion science. -2003. - Vol. 45, no. 2. - P. 371-380.
20. Corrosion Inhibition of Armco iron in HCl media by new bipyrazol-ic derivatives / F. Touhami, A. Aouniti, S. Kertit, Y. Abed, B. Hammouti, A. Ramdani, K. El-Kacemi // Corrosion science. - 2000. - Vol. 42, no. 6. -P. 929-940.
21. Di Sarno, L., Majidian, A., & Karagiannakis, G. (2021). The Effect of Atmospheric Corrosion on Steel Structures: A State-of-the-Art and Case-Study. Buildings. https://doi.org/10.3390/buildings11120571.
22. Zhang, Y., Zhang, S., & Liu, K. (2024). Review on Corrosion Mechanism and Mechanical Properties Degradation of Building Structural Steel. E3S Web of Conferences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449002012.
23. Chen, H., Chen, Z., Zhou, T., Guo, L., & Liu, H. (2022). Experi-mental Investigation of Various Corroded Metal Materials Used in Building Structures. Journal of Materials in Civil Engineering. https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0004498.
24. Manu, K., Madhushree, C., Chandini, M., Shree, N., Hemanth, S., & Jeevan, T. (2025). Corrosion in Steel Structures: A Review. Journal of Mines, Metals and Fuels. https://doi.org/10.18311/jmmf/2025/46985.
25. Parenkina, Ya. D. Analysis of rigidity characteristics in the metal frame of one-story buildings for strength and stability / Ya. D. Parenkina, E. S. Melnikova, V. I. Zhuravleva // Development of urban construction and economy in the works of young scientists: Collection of papers of the scientific and practical conference, Volgograd, April 22–30, 2025. – Volgograd: Volgograd State Technical University, 2025. – P. 61–64. – EDN SDMSFP.

Распределение усилий в многоярусной свайно-анкерной конструкции при локальном приложении нагрузок на террасы

Пашов Степан Николаевич
аспирант, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

В статье представлено исследование распределения усилий в трёхъярусном свайно-анкерном противооползневом сооружении с применением численного моделирования в программном комплексе Plaxis 3D. Рассмотрены два различных варианта геотехнических условий: по нормативным характеристикам и с учетом ослабленного состояния грунтового массива. Для анализа выведены коэффициенты, характеризующие вклад каждого яруса в восприятии приложенной нагрузки, а также характеризующие распределение усилий между элементами конструкции «свая-анкер» в пределах одного яруса. Установлено, что основная часть дополнительной нагрузки (97–98%) воспринимается соответствующим «рабочим» ярусом, тогда как влияние остальных ярусов минимально (2-3%). При снижении прочностных характеристик грунта происходит усиление локализации усилий в нагруженном ярусе, а также меняется механизм распределения усилий между сваей и анкером в рамках одного уровня.

Ключевые слова: противооползневые сооружения, свайно-анкерные системы, многоярусные конструкции, численное моделирование, распределение усилий, взаимодействие элементов.

Введение

При проектировании противооползневых сооружений широко применяются свайно-анкерные конструкции, в том числе многоярусные системы. Однако механизмы распределения усилий в таких системах изучены недостаточно, применяемые расчётные подходы, как правило, основаны на упрощённых представлениях о совместной работе конструкции, что не всегда отражает реальную картину напряженно-деформированного состояния. В данной работе выполнено численное исследование трёхъярусной свайно-анкерной конструкции, направленное на выявление реального характера распределения усилий между ярусами и внутри системы «анкер–свая».

Материалы

Исследуемое сооружение состоит из трёх ярусов, каждый из которых представляет собой комбинированную свайно-анкерную конструкцию. Схема сооружения представлена на рисунке 1. Моделирование склона и сооружения выполнено с помощью программного комплекса Plaxis 3D.

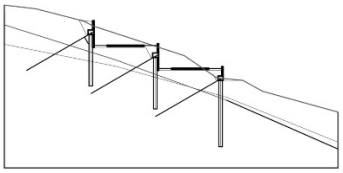


Рис. 1. Поперечный разрез склона с устройством противооползневых сооружений

Грунтовый массив представлен двумя инженерно-геологическими элементами (ИГЭ).

ИГЭ-1 — глина лёгкая пылеватая твёрдая ($I_l < 0$) — формирует верхний слой. Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик составляют: удельное сцепление c = 36 кПа, угол внутреннего трения φ = 17°, модуль деформации E_0 = 13,1 МПа, коэффициент фильтрации k < 0,001 м/сут. Численное моделирование глинистого грунта выполнено с использованием модели Hardening Soil [1]. Параметры модели определены на основе экспериментальных данных с применением общепринятых корреляционных зависимостей. В виду отсутствия данных одометрических и триаксиальных испытаний и с учётом жёсткого состояния глины эдометрический модуль E_{oed}^{ref} и секущий модуль деформации E_{50}^{ref} принят равным 13,1 МПа. Модуль разгрузки принят $E_{ur}^{ref} = 3E_{50}^{ref}$ в соответствии с рекомендациями для глинистых грунтов. Показатель степени жёсткости принят m = 0,8. [1,2]

ИГЭ-2 — аргиллит пониженной прочности, размягчаемый, сильнотрещиноватый: предел прочности при одноосном сжатии в водонасыщенном состоянии $R_{с,вод}$ = 3,4 МПа, в сухом — $R_{с,сух}$ = 21,2 Мпа. В расчётах использовано значение 3,4 МПа, соответствующее наиболее неблагоприятному состоянию. Для моделирования аргиллита применена нелинейная прочностная модель Hoek–Brown [3, 4], широко используемая для описания поведения трещиноватых скальных массивов. Индекс геологической прочности массива (GSI) определён на основе описания трещиноватости, структуры и качества массива в соответствии с рекомендациями [5]. С учётом высокой степени нарушенности массива принято значение GSI = 35–45. Константа материала принята m = 5, что соответствует аргиллитам согласно рекомендациям [4]. Коэффициент нарушенности массива принят равным D=0, что соответствует природному состоянию массива при отсутствии техногенных воздействий.

Методы

С целью оценки влияния прочностных характеристик грунтов на распределение усилий в конструкции выполнено параметрическое исследование. Рассмотрены два варианта расчёта:

- *Вариант В-1* — с использованием нормативных характеристик глинистого грунта (естественное состояние);
- *Вариант В-2* — с пониженными прочностными характеристиками грунта ИГЭ-1 (c=19 кПа, φ=14°), соответствующими условиям нарушения структуры и возможного водонасыщения грунта

Для каждого из двух вариантов геотехнических условий рассмотрены три расчётных состояния:

1) базовое, без нагрузки;
2) нагрузка на нижний ярус;
3) нагрузка на верхний ярус;

Анализ распределения усилий в элементах удерживающей конструкции выполнен на основе сравнения напряжённо-деформированного состояния системы при различных стадиях нагружения. В качестве базового состояния принято состояние системы при действии собственного веса грунтового массива без внешних нагрузок, оно служит нулевой точкой отсчёта. Дополнительные усилия, возникающие в элементах конструкции под действием эксплуатационной нагрузки q, определяются как разность между усилиями в нагруженном и базовом состояниях [6,7,8,9]:

$$\Delta T_i = T_i^{\text{нагруж.}} - T_i^{\text{баз.}},$$

где ΔT_i — приращение усилия в анкере i-го яруса, T_i — абсолютное значение усилия в анкере. Аналогичные приращения вычисляются для изгибающих моментов ΔM_i и поперечных сил ΔQ_i в сваях.

Для анализа работы конструкции введены безразмерные коэффициенты, позволяющие оценить перераспределение усилий между ярусами и элементами системы.

Коэффициент участия яруса в восприятии дополнительной нагрузки βi — характеризует долю i-го яруса в восприятии дополнительной нагрузки от конкретного воздействия:

$$\beta_i = \frac{\Delta T_i}{\sum \Delta T}$$

В отличие от него, коэффициент α_i характеризует доля i-го яруса в суммарном усилии:

$$\alpha_i = \frac{T_i}{\sum T}$$

Коэффициент распределения нагрузки δ_a для оценки взаимодействия анкерных элементов и свай в пределах одного яруса характеризует долю горизонтальной нагрузки, воспринимаемой анкером:

$$\delta_{a,i} = \frac{T_i \cos\beta}{T_i \cos\beta + Q_{0,i}},$$

где $\beta = 30°$ – угол наклона,

Q_{0i} – поперечная сила в голове сваи i-го яруса,

$T_i \cos\beta$ – горизонтальная составляющая усилия в анкере.

Результаты расчетов

В базовом состоянии (без нагрузок на террасах) усилия в элементах конструкции определяются исключительно давлением грунтового массива. Результаты для обоих вариантов приведены в таблице 1.

Таблица 1
Средние усилия в анкерах (N, кН)

Параметр	В-1	В-2	Изменение В-1→В-2
α_1,% (нижний ярус)	27,8	10,4	−17,4 п.п.
α_2,% (средний ярус)	34,2	37,9	+3,7 п.п.
α_3,% (верхний ярус)	38,0	51,7	+13,7 п.п.
M_1 — момент в нижней свае, кН·м	9,2	44,3	+380%
M_2 — момент в средней свае, кН·м	84,3	247,1	+193%
M_3 — момент в верхней свае, кН·м	152,2	443,6	+192%
Q_{01} — поперечная сила в голове нижней сваи, кН	14,2	32,5	+129%
Q_{02} — поперечная сила в голове средней сваи, кН	9,7	1,2	−87%
Q_{03} — поперечная сила в голове верхней сваи, кН	39,7	18,4	−54%

При прочном грунте (В-1) усилия в анкерах убывают от верхнего яруса к нижнему: $T_3 = 112{,}6$ кН > $T_2 = 101{,}2$ кН > $T_1 = 82{,}4$ кН. Коэффициенты распределения: $\alpha_3 = 38{,}0\% > \alpha_2 = 34{,}2\% > \alpha_1 = 27{,}8\%$. Данный характер распределения является физически закономерным: верхний ярус удерживает наибольший объём грунтового массива ИГЭ-1, нижний — наименьший.

При ослабленном грунте (В-2) данная закономерность усиливается: α_3 возрастает до 51,7%, тогда как α_1 снижается до 10,4%.

При этом показательными являются изменения поперечных сил в головах свай: Q_{01} возрастает в 2,3 раза (с 14,2 до 32,5 кН), тогда как Q_{02} снижается в 8 раз (с 9,7 до 1,2 кН), Q_{03} снижается в 2 раза (с 39,7 до 18,4 кН). Снижение Q_0 при росте T_i свидетельствует о том, что при слабом грунте нагрузка на средний и верхний ярусы воспринимается преимущественно анкером, а не передаётся через ростверк в голову сваи.

Приращения усилий и коэффициенты βi для сценариев НС-1 (нагрузка на нижнюю террасу) и НС-2 (нагрузка на верхнюю террасу) приведены в таблице 2.

Таблица 2
Приращения усилий ΔTi и коэффициенты распределения βi

Вариант / нагружение	ΔT_1, кН	β_1, %	ΔT_2, кН	β_2, %	ΔT_3, кН	β_3, %	$\Sigma\Delta T$, кН
В-1 / НС-1	+112,8	99,0	+0,8	0,7	+0,4	0,3	113,9
В-1 / НС-2	+0,9	0,6	+134,4	97,6	+2,5	1,8	137,7
В-2 / НС-1	+127,2	100,4	+0,7	0,6	−1,2	−0,9	126,8
В-2 / НС-2	+0,9	0,6	+144,6	98,6	+1,1	0,7	146,6

Результаты свидетельствуют о высокой степени локализации воздействия: нагрузка на каждую из террас воспринимается «рабочим» ярусом с долей $\beta i \geq 97{,}6\%$ (В-1) и $\beta i \geq 98{,}6\%$ (В-2). Взаимное влияние ярусов через грунтовый массив не превышает 2,4% при прочном грунте и 1,4% при ослабленном. При этом эффект локализации не только сохраняется, но и усиливается при снижении устойчивости склона.

Примечательно, что в варианте В-2 при нагрузке на нижнюю террасу (НС-1) коэффициент $\beta_3 = -0{,}9\%$ — отрицательный, что выявляет незначительную разгрузку верхнего анкера при нагружении нижней террасы.

Коэффициенты δ_a — доля горизонтальной нагрузки, воспринимаемой анкером, — для базового состояния и для сценариев НС-1 и НС-2 приведены в таблице 3 (F_a — горизонтальная составляющая усилия в анкерном тяже, Q_0 - поперечная сила в голове сваи).

Таблица 3
Коэффициенты распределения нагрузки анкер/свая δ_a.

Ярус / состояние	Вариант-1			Вариант-2		
	F_a, кН	Q_0, кН	δ_a	F_a, кН	Q_0, кН	δ_a
Нижний — базовое	71,4	14,2	83,4%	36,1	32,5	52,6%
Нижний — НС-1	169,1	35,6	82,6%	146,3	52,5	73,6%
Нижний — НС-2	72,1	14,0	83,8%	36,9	32,4	53,3%
Средний — базовое	87,6	9,7	90,1%	131,9	1,2	99,1%
Средний — НС-2	204,0	29,0	87,5%	257,1	1,7	99,3%
Верхний — базовое	97,5	39,7	71,1%	179,9	18,4	90,7%
Верхний — НС-1	97,9	39,5	71,3%	178,9	18,8	90,5%
Верхний — НС-2	99,7	37,2	72,8%	180,9	16,4	91,7%

При прочном грунте коэффициент δ_a является стабильной характеристикой яруса: нижний ярус — $\delta_a \approx$ 82-83%, средний — $\delta_a \approx$ 88–91%, верхний — $\delta_a \approx$ 71–73%. Разброс δ_a при изменении нагрузки не превышает ±3,4% для любого яруса.

При ослабленном грунте стабильность δ_a нарушается, причём по-разному для разных ярусов. Нижний ярус: δ_a снижается с 83% до 53% в базовом состоянии, то есть вклад сваи возрастает с 17% до 47%. Средний ярус: δ_a возрастает с 90% до 99%, вклад сваи падает до 1,2 кН — свая практически перестаёт воспринимать горизонтальную нагрузку через ростверк. Верхний ярус: δ_a возрастает с 72% до 91%, вклад сваи снижается с 28% до 9%.

Максимальные изгибающие моменты в сваях для всех расчётных состояний приведены в таблице 4.

Таблица 4
Максимальные изгибающие моменты в сваях, кН·м

Ярус / расчётное состояние	В-1	В-2	Прирост В-1→В-2
Нижний / базовое	9,2	44,3	+380%
Нижний / НС-1	148,6	129,1	−13%
Средний / базовое	84,3	247,1	+193%
Средний / НС-2	342,6	482,8	+41%
Верхний / базовое	152,2	443,6	+192%
Верхний / НС-1	150,7	443,2	+194%

Анализ таблицы 4 выявляет несколько замечаний. Первое, в базовом состоянии при ослабленном грунте (В-2) наибольший момент развивается в верхней свае: 443,6 кН·м — рост на 192% относительно В-1 (152,2

кН·м). Это прямое следствие исходных условий, когда верхний ярус удерживает наибольший объём ослабленного грунта. Второе, при нагрузке на нижнюю террасу (НС-1) в варианте В-2 момент в нижней свае составляет 129,1 кН·м — меньше, чем при В-1 (148,6 кН·м). Это нетривиальный результат: при более слабом грунте нагрузка на нижнюю террасу вызывает меньший момент в нижней свае. В-третьих, наибольший момент в системе при нагрузке определяется сваей среднего яруса при нагрузке на верхнюю террасу: 342,6 кН·м (В-1) и 482,8 кН·м (В-2, +41%).

Выводы

По результатам численного исследования распределения усилий в трёхъярусной свайно-анкерной для двух уровней устойчивости склона сформулированы следующие выводы.

Локализация восприятия нагрузки по ярусам конструкции. Установлено, что при воздействии нагрузки на отдельную террасу основная её часть воспринимается соответствующим ярусом удерживающей конструкции. Доля участия данного яруса в восприятии дополнительной нагрузки составляет не менее 97,6% для грунта с нормативными характеристиками и 98,6% для ослабленного состояния. Вклад смежных ярусов, обусловленный взаимодействием через грунтовый массив, не превышает 2,4%. При снижении устойчивости склона наблюдается усиление локализации усилий в нагруженном ярусе.

Распределение горизонтальных усилий между элементами яруса. Выявлено, что распределение горизонтальных усилий между анкерными элементами и сваями в пределах одного яруса характеризуется устойчивыми соотношениями при прочном грунтовом основании. Значения коэффициента δ_a составляют порядка 83% для нижнего, 89% для среднего и 71% для верхнего яруса и практически не зависят от уровня внешней нагрузки.

При ослаблении грунта наблюдается существенное изменение распределения усилий: для среднего яруса значение δ_a возрастает до 99%, тогда как для нижнего снижается до 53%.

Изменение напряжённого состояния свай при ослаблении грунта. Нетривиальным результатом является снижение изгибающего момента в свае нижнего яруса при нагружении нижней террасы при переходе от нормативных характеристик грунта к ослабленному состоянию с 148,6 до 129,1 кН·м, что может быть обусловлено изменением характера взаимодействия конструкции с грунтовым массивом и перераспределением нагрузки в деформируемом основании. Данный результат требует дальнейшего параметрического исследования.

Литература

1. Schanz T. The Hardening-soil model: formulation and verification / T. Schanz, P.A. Vermeer // Proceedings of the Plaxis Symposium «Beyond 2000 in Computational Geotechnics – 10 Years of Plaxis». – Rotterdam : Balkema, 1999. – P. 281–290.
2. PLAXIS 2D/3D. Reference Manual: version 2024. – Delft: Bentley Systems, 2024. – 1200 p.
3. Hoek E. Underground Excavations in Rock / E. Hoek, E.T. Brown. – London: Institution of Mining and Metallurgy, 1980. – 527 p.
4. Hoek E. Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition / E. Hoek, C. Carranza-Torres, B. Corkum // Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium. – Toronto, 7–10 July 2002. – P. 267–273.
5. Marinos P. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation / P. Marinos, E. Hoek // Proceedings of the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering (GeoEng 2000). – Melbourne, 19–24 Nov. 2000. – P. 1422–1446.
6. Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Дж. Н. Гудьер; пер. с англ. – М.: Наука, 1975. – 575 с.
7. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений: актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Стандартинформ, 2016 – 172 с.
8. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты : учеб. для вузов / Б.И. Далматов. – Л.: Стройиздат, 1988. – 384 с.
9. Danfeng Li. The Anti-sliding Mechanism of Adjacent Pile-Anchor Structure considering Traffic Load on Slope Top / Danfeng Li, Zhuojie Zhang // Journal of Geotechnical Engineering. – 2023. – DOI: 10.1155/2021/6615224.

Distribution of forces in a multi-tiered pile-anchor structure with local application of loads on terraces

Pashov S.N.

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

JEL classification: L61, L74, R53

The paper presents a study of force distribution in a three-tier pile–anchor landslide protection system using numerical modeling in the software package PLAXIS 3D. Two geotechnical conditions are considered: one based on standard soil properties and another representing a weakened soil mass.For the analysis, dimensionless coefficients are introduced to characterize the contribution of each tier to the applied load as well as the distribution of forces between pile and anchor elements within a single tier. The results show that the major portion of the additional load (97–98%) is carried by the corresponding tier, while the influence of the adjacent tiers remains minimal (2–3%). A reduction in soil strength leads to increased localization of forces within the loaded tier and alters the load-sharing mechanism between piles and anchors at that level.

Keywords: landslide stabilization structures, pile–anchor systems, multi-level structures, numerical modeling, load distribution, elements interaction.

References

1. Schanz T. The Hardening-soil model: formulation and verification / T. Schanz, P. A. Vermeer // Proceedings of the Plaxis Symposium «Beyond 2000 in Computational Geotechnics – 10 Years of Plaxis». – Rotterdam: Balkema, 1999. – P. 281–290.
2. PLAXIS 2D/3D. Reference Manual: version 2024. – Delft: Bentley Systems, 2024. – 1200 p.
3. Hoek E. Underground Excavations in Rock / E. Hoek, E.T. Brown. – London : Institution of Mining and Metallurgy, 1980. – 527 p.
4. Hoek E. Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition / E. Hoek, C. Carranza-Torres, B. Corkum // Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium. – Toronto, 7–10 July 2002. – P. 267–273.
5. Marinos P. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation / P. Marinos, E. Hoek // Proceedings of the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering (GeoEng 2000). – Melbourne, 19–24 Nov. 2000. – P. 1422–1446.
6. Timoshenko S.P. Theory of Elasticity / S.P. Timoshenko, J.N. Goodier; transl. from Engl. – Moscow : Nauka Publ., 1975. – 575 p.
7. SP 22.13330.2016. Bases and Foundations (actualized edition of SNiP 2.02.01-83*). – Moscow: Standartinform, 2016. – 172 p.
8. Dalmatov B. I. Soil Mechanics, Bases and Foundations: textbook for higher schools / B.I. Dalmatov. – Leningrad: Stroyizdat, 1988. – 384 p
9. Danfeng Li. The Anti-sliding Mechanism of Adjacent Pile-Anchor Structure considering Traffic Load on Slope Top / Danfeng Li, Zhuojie Zhang // Journal of Geotechnical Engineering. – 2023. – DOI: 10.1155/2021/6615224.

Развитие интерьера общей комнаты

Пятков Антон Сергеевич
старший преподаватель, Высшая школа архитектуры и градостроительства, Институт архитектуры, строительства и дизайна, Тихоокеанский государственный университет, anton-pyatkov@yandex.ru

Цель исследования: выявить особенности развития интерьера общей комнаты в Исторических стилях, стилях XIX и XX века. Для достижения этой цели была поставлена задача: на основе метода историко-аналитического анализа, включая факторы, влияющие на развитие интерьера общей комнаты с использованием фрагментов из публикаций Гиляровского В. А., Иконникова А. В., Кеса Д., Овсянникова В. А и представленных иллюстративных материалов - раскрыть особенности функционального зонирования, стилевого решения, объемно-пространственных, предметно-пространственных составляющих интерьера общей комнаты. Представленный в данном исследовании комплексный историко-аналитический анализ с иллюстрационными примерами поэтапного развития интерьера общей комнаты, является отличительной особенностью данного исследования и будет полезен в учебном процессе для студентов профильной специальности и профессиональных дизайнеров.
Ключевые слова: общая комната, функциональное зонирование, стиль, интерьер.

История общей комнаты связана с основными человеческими потребностями и уходит в далекое прошлое. Следует заметить, что в разное время оно называлось: зал, палата, салон, «чистая комната», гостиная, общая комната. Такое помещение должно было иметь площадь, позволяющую разместить присутствующих, обеспечить комфортные условия, включающие температурный режим, освещение и удобного, по возможности, расположения (мебель в зависимости от особенностей и назначения). Помещение играло особую роль в создании атмосферы для общения и укрепления социальных связей. Оно оснащалось всем необходимым: функциональной мебелью и местами для хранения. Конечно же, оно выполняло и представительскую функцию: передавало социальный статус, материальное состояние и культурные ориентации владельцев. Пространство указывало место принимающей стороны в социальной иерархии, становилось зрительным символом значимости семьи в обществе.

В романской и готической архитектуре Европы, зал становится особенным элементом жилища. Пиршественные палаты и парадные залы играют ключевую роль в общественной жизни. В России (ранее - РСФСР) схожую концепцию представляли приемные палаты и большие столовые палаты. В принципе, зал вполне можно считать первым пространством, предназначенным для коллективного пользования. Первоначально зал был многофункциональным, сочетающим задачи общения, приёмов гостей, представительные функции и хранения предметов.

Эпоха Ренессанса внесла изменения. Произошло, скажем, не вымещение, а выделение отдельных функций зала в специализированные помещения. В столовую перенесся прием пищи. Деловое и культурное общение проходило в кабинете, который затем превращается в библиотеку с демонстрацией культурного статуса. Зал сохраняет главную функцию приема гостей и преобразовался в гостиную, с четкой представительской ролью. Особую значимость помещению придавали каменное покрытие пола, четкие членения стен на карниз, фриз и цоколь, кессонированные потолки. Дорого украшенные шкафы, выставленная напоказ посуда, массивные люстры сложной формы и картины. Гостиная становилась визуальной трансляцией высокого статуса владельцев и многовековой традицией социальных функций помещения. Компактный, рассчитанный на небольшую группу гостей стол, заменяет ранее стоявший большой обеденный. Основной визуальный акцент сосредоточен, в большинстве случаев, на камине. Предметы декора размещаются вдоль стен, а пространство центральной части помещения остается свободным, что подчеркивает единую структуру интерьера (рис.1).

Рис. 1. Интерьер гостиной Ренессанса. URL: https://i.pinimg.com/originals/3b/e0/14/3be014a62b443b22bddb19269f8bf301.jpg

Рис. 2. Интерьер гостиной в замке Фонтенбло, Франция. URL: https://www.ayda.ru/images/photos/106507/b22c21ef/m_1456bcdb.jpg

В эпохе Барокко не происходит кардинальных изменений в характере общественных пространств жилого интерьера, но художественное

оформление и декоративные особенности стиля приобретают новые черты. Сохранили свою значимость каминная зона, зоны отдыха и мест для общения с небольшими столами, периметральное расположение мебели. Гостиная продолжала выполнять представительские функции, показывая статус владельцев (рис.2).

В эпоху Людовика XV усиливается тенденция формирования помещений с монофункциональной ролью в общественной зоне жилища. Рококо насытил планировку кабинетами различного назначения: приемные, личные или тематические, которые выделялись по декоративным особенностям — «стеклярусные», «китайские», «фарфоровые» и другие. Прием пищи окончательно закрепился за столовой, независимо от приема в рамках внутрисемейного или внесемейного общения. Залы или гостиные приобретают другой характер, начинают играть новую роль связи с социальным статусом. Теперь и другие представители буржуазных слоев: банкиры, промышленники, торговцы устраивают приемы в специально организованных пространствах — салонах. В салонах приоритет отдается непринужденному общению, камерным разговорам. Проходят тематические вечера, демонстрации коллекций, подвижные игры, литературные чтения. Пространство салона постепенно начинает ассоциироваться именно с культурной функцией и социальной средой. В интерьере мебель формирует отдельные группы вокруг небольших столов различной формы. Согласно мнению Д. Кеса, «Зарождается истинная мебель для сидения, отвечающая назначению, а не целям репрезентации» [3, с. 132].

Интерьер меняет свое восприятие. Центральная композиционная ось уступает место множественной системе координат видовых точек — фронтальных и угловых. Появляется центростремительная организация с активным использованием центральных зон помещения и диагональные оси восприятия вместе с несколькими визуальными акцентами. В интерьере - новые формы: круглые и овальные помещения, где мягкие линии прямоугольных форм со скругленными углами определяют обновленный подход к пространству жилого интерьера.

Важную роль в создании многозначности пространственного восприятия как элемент предметной среды, играют зеркала. Их использование добавляет динамику восприятия жилого интерьера (рис. 3).

Рис. 3. Салон в стиле Рококо
Цветная литография из книги Georges Remon. Intérieurs d'appartements modernes, 1900. URL: http://www.twirpx.com/file/1053201

На протяжении эпох Классицизма и Ампира, архитектура аристократических домов продолжает включать гостиные и бальные залы с явным совмещением функций в более простых жилищах (рис. 4).

Рис. 4. Интерьер первой гостиной с кафельной печью во дворце в Кусково.
URL: https://inter-meb.ru/foto/stil/klassicizm/inc/kuskovo-kafelnaja-pech.jpg

Заметным нововведением становятся кафельные или изразцовые печи-голландки, которые размещались в углу помещения недалеко от входа. Печи позволяли отапливать комнаты без камина, и делая их более камерными, уменьшая их площадь.

В первой половине XIX века происходит революция в интерьере общественных жилых пространств, особенно это наблюдается в Германии в период правления стиля Бидермейер. Основной акцент галантных аристократов эпохи Рококо или ампирных офицеров переходит на скромного, но успешного буржуа или чиновника. Стремление к уюту, новый жизненный уклад определяли запросы на интерьер жилых помещений.

Основное внимание уделялось городской квартире — арендованной или собственной, которая адаптировалась под нужды новой социальной группы. Вместо просторных помещений появились комнаты с определенной функцией и четкой структурой. Предусмотрены кухня, возможно кабинет или столовая, спальни для взрослых и детей. Обязательный элемент почти всех домов той эпохи — «чистая комната», выполняющая роль современного аналога гостиной. Интерьер без излишней помпезности служил для демонстрации материального и социального статуса семьи перед гостями и был удобен для проведения семейных праздников, вечеров, создавая уютную атмосферу для общения взрослых и детей. В будние дни «чистая комната» оставалась закрытой для обитателей дома, что подчеркивало её особый статус.

Интерьер комнаты был настроен в плане простора и наполнения предметами. Функциональные зоны складывались вокруг мебели, расположенной вдоль стен. Вообще подход к мебели был достаточно жестким — расположение четко регламентировалось вплоть до деталей, так сказать, нормируя оформление интерьера. Складывалось понятие о правилах обустройства пространства, через интерьерный дизайн укреплялись культурные ценности (рис.5).

Рис. 5. German Sitting Room of the Biedermeier Period, 1815-50. URL: https://i.pinimg.com/originals/b4/f0/f3/b4f0f3125ba1b158e1641a9d289a44a1.jpg

Важнейшую роль в формировании современных концепций общей комнаты сыграл Викторианский стиль. Стиль, как самостоятельное направление благодаря своей целостности и выразительности. Основное преимущество викторианской общей комнаты – создание максимально удобной атмосферы для семейного и личного общения. Камин был главной визуальной точкой, на которой строилась композиция помещения, становясь центром частной семейной жизни, соединяя эстетику с утилитарностью.

При всей уникальности вариантов каминов с характерными элементами декора в разных стилях от Барокко до Ампира, викторианский камин отличался своей приглушённой роскошью: небольшой портал в классическом духе, или с мавританскими элементами, дополненный полкой с экспонатами, где были представлены мелкие коллекции предметов и элементов освещения. Создавался общий эмоциональный фон пространства (рис. 6, 7)

Интерьер викторианской «общей комнаты» — это персонализированный уютный уголок, который отражал вкусы и интересы хозяина, служа исключительно для личного комфорта и семейного уюта.

Рис. 6. Викторианский стиль в интерьере. URL: https://i.pinimg.com/736x/5f/9f/1d/5f9f1d2a1fdbb5eff7c3e9dfcfe67850.jpg

Рис. 7. Исторический викторианский интерьер. URL: https://i.pinimg.com/originals/b8/69/eb/b869eb09ef9b94f47279c7e93e37650f.jpg

Эклектика, а далее Модерн, привнесли немало стилистических элементов в оформление жилых пространств, но при этом оставляя функциональную традицию использования общественных зон. Увеличивается количество монофункциональных комнат. В. Гиляровский упоминал квартиру, служившую местом встреч художников, с чередой различных помещений: гостиная с мягкой мебелью, кабинет, зал с картинами и колоннами, столовая с самоваром и даже комната-«мертвецкая» с антикварием и восточным антуражем [1] (рис. 8, 9).

Рис. 8. Квартира помощника начальника штаба генерал-майора С.И. Зилоти.
Гостиная, конец 19 века. URL: https://i.pinimg.com/736x/3e/a1/4a/3ea14a857cb84b084894ea910ea73c15.jpg

Рис. 9. Столовая в доме-музее В. Орта. 1898-1900 гг. Брюссель, Бельгия. URL: https://i.pinimg.com/736x/57/d2/8a/57d28a3bdaf6d220265b526153f3b021.jpg

Постепенные изменения стали проявляться, прежде всего, переменами в обществе. Распад империй, эпидемия испанки, Первая мировая война и технологические скачки существенно повлияли на образ жизни людей.

Новый подход в архитектуре демонстрирует Германия. Вальтер Гропиус задумывается над оптимизацией жизненного пространства. Его же идеи поддерживает Ле Корбюзье, предлагая универсальное жилое пространство, которое основано на одинаковых потребностях человека. Как отмечает А. В. Иконников: «В архитектуре, вернее в отношении ее к внутреннему пространству на смену эпохи эстетства приходит эпоха морализаторства» [2]. Пространство начинает объединять функции различных специализированных помещений: музыкальный зал, столовая, кабинет. Возвращается «проходной» вид общего помещения. Трансформация и мобильность мебели позволяют не закреплять функциональные зоны строго в одном месте. Ярко проявили себя новые подходы в Неопластицизме от Геррета Ритвельда. Пространство делится за счет мебели и контрастной цветовой отделки функциональных зон, что создает ощущение динамики внутри помещения (рис. 10).

Постепенно, такое решение переходит в строгость и статичность функционализма Гропиуса и Ле Корбюзье (рис. 11).

Появляются прототипы нового жилья: «комната молодого человека», «жилище молодой семьи» и другие идеи компактности, комбинации функций и технологичной эстетики. Такие принципы ориентируются преимущественно на молодежь. Уменьшение общей площади жилого пространства и экспериментирование в трансформации определили развитие жилья.

Рис. 10. Интерьер жилого дома Шредер в Утрехте. URL: https://i.pinimg.com/736x/34/bd/88/34bd88f7391c20101aad49be8936a0bd.jpg

Рис. 11. Гостиная в доме Ласло Мохой–Надя 1927–28 годы. URL: https://i.pinimg.com/474x/f5/46/16/f546163d87baf8894f979a07a0442586.jpg

Рис. 12. Жак Эмиль Рульманн. URL: https://i.pinimg.com/originals/ef/f2/5e/eff25e7e7944862932260272468a5458.jpg

Гостиная по-прежнему сохраняет свои позиции, несмотря на параллельное существование современных подходов и направлений. Стиль Ар-деко, отличающийся роскошным эстетическим выражением, предлагает изысканные решения для комнат (рис.12).

Пока в Европе жилье после Второй Мировой войны и до конца XX века сохраняет определенную стабильность в своей типологии, в России (ранее - РСФСР) все развивается иначе.

Начиная с 1918 г. руководству страны предстояло решать сложные задачи по обеспечению населения жилищем. Исторические, социально-экономические условия и индустриальные возможности являлись основными факторами для развития жилищного строительства и важной составляющей жилого пространства – общей комнаты и ее интерьеров на разных исторических этапах.

Следует отметить, что термин «общая комната» впервые был заменен в конце XX века, но продублирован в скобках в СНиП 2.08.01-89 Жилые здания. Строительные нормы и правила: пункт 2.4*. «Площадь гостиной (общей комнаты)»*

В своем исследовании В.А. Овсянников предложил следующие формулировки социальных задач на разных этапах: «1918-1932 гг. – быстрейшее воспроизводство жилого фонда с наименьшей затратой средств; 1934-1940 гг. – социалистической семье – жилище высокого качества; 1946-1957 гг. – интенсивное восстановление жилищного фонда и значительное повышение обеспеченности жилищем; 1957-1963 гг. – экономичная квартира для всей семьи; 1963-1971 гг. – выше качество при минимальных затратах; 1973-1980 гг. – максимальное обеспечение каждой отдельной семьи отдельной квартирой» [4, с. 23-25].

При хронической невозможности обеспечить жильем каждую семью от периода «воспроизводства жилого фонда» до периода «экономичная квартира для всей семьи», когда даже при строительстве традиционных много-

комнатных и благоустроенных квартир существовало покомнатное заселение (в подавляющем большинстве). В таких условиях комната была многофункциональной, включающей зоны: сна, внутрисемейного и внесемейного общения, обучения, приема пищи, хранения (рис. 13).

Рис. 13. *Комната в коммунальной квартире, 1950-е.*
URL:
https://baikal24.ru/public/images/upload/image1769479364302_i1.jpg

Настоящий прорыв произошел с периодов: «экономичная квартира для всей семьи» и «выше качество при минимальных затратах», обозначив посемейное заселение в квартиры. Жилые помещения состоят из общей комнаты и спальни. Общая комната закрепляет за собой функции внутрисемейного и внесемейного общения; информационной; эпизодического приема пищи; хранение элементов предметного наполнения. Однако, если количество спален не в состоянии разместить всех проживающих в квартире, зона сна частично располагается в общей комнате. Тем самым общая комната становится многофункциональным помещением, так как добавляется функция тихого отдыха в дневное и ночное время. В большинстве случаев (на первом этапе строительства) через общую комнату осуществлялся транзит в спальни. Отсутствовало четкое изолированное друг от друга разделение на дневную и ночную зоны. В интерьерах, из-за небольшой площади и ширины общей комнаты, возникла необходимость создания нового конструктивного решения мебели. Так появились диваны, серванты, кресла, журнальные столики на тонких ножках, расположенные по периметру стен. Мебель в силу своей легкости позволяла менять свое расположение, трансформируя функциональные зоны в общей комнате. В некоторых квартирах оставляли, привезенный из бывшего жилья круглый стол для эпизодического использования внутрисемейных или внесейных мероприятий. В последствие стали выпускать компактные раздвижные столы. Стена за диваном, который в случае необходимости превращался в зону сна, была украшена ковром, который в зависимости от размеров помимо декоративной функции служил для звукоизоляции.

В отделке стен и потолка применялись светлые оттенки. Пол - из паркетной или половой доски, окрашенной в светло-коричневый цвет. Искусственное освещение ограничивалось одной потолочной люстрой и торшером возле дивана или в информационной зоне просмотра телевизора или радиолы (рис. 14).

Рис. 14. Общая комната. URL:
https://zlatoust.info/upload/resize_cache/image/86e81c16f47d0ff56c6ad0afef39561b/a1d5d2664db2426b736a1d2eecba29b2.jpg

В конце 60-х годов на смену сервантам начинается выпуск секционной мебели отечественного производства из ДСП, облицованной шпоном.

Начиная со следующего периода: «максимальное обеспечение каждой отдельной семьи отдельной квартирой», строятся жилые дома с повышенным уровнем комфортности квартир, включая изменения в функциональном зонировании жилых помещений с увеличением их площади и отсутствием транзита в спальни через общую комнату, а в многокомнатных квартирах с выделением спален в изолированную зону с санузлом. Общая комната, приближенная к входной зоне квартиры – монофункциональна: внутрисемейное и внесемейное общение; информационная; эпизодический прием пищи, хранение элементов предметного наполнения (рис. 15).

Рис. 15. Общая комната. URL:
https://icdn.lenta.ru/images/2018/11/06/13/20181106135947794/preview_80a194570a52c639573a8e5738b28f43.jpg

С ростом социальных потребностей населения и технологических возможностей предприятий изменяются конструктивные и стилистические решения предметного наполнения в интерьерах общей комнаты. На смену секционной мебели появляется корпусная мебель отечественного и импортного производства с небольшим количеством остекленных дверец, демонстрирующих посуду, книги и мелкие предметы. Мягкая мебель с предусмотренной низкой посадкой и округлыми формами мягких боковых спинок.

В отделке стен и потолка применялись светлые оттенки. Пол - из паркетной доски или покрыт линолеумом, а в последствие - ковролином.

Искусственное освещение: одна потолочная люстра и настенное бра возле дивана или в информационной зоне просмотра телевизора с журнальным столиком и двумя креслами.

Заключение

Проанализировав особенности развития интерьера общей комнаты на разных временных этапах развития жилища можно сделать определенные выводы.

Исторические, экономические, индустриальные, социальные условия являются основой развития жилищного строительства и интерьера общей комнаты, которая является основным ядром внутрисемейного и внесемейного общения в жизнедеятельности семьи.

Ее комфортность зависит от множества факторов: покомнатного или посемейного заселения; компоновочной схемы функционального зонирования; наполненности функциями – монофункциональная или многофункциональная; проходная или изолированная, а значит расположения и количества дверных проемов в компоновке и размерах функциональных зон; объемно и предметно-пространственных составляющих интерьера; визуально эмоционального восприятия стилевого решения интерьера. Стилевое решение интерьера, в свою очередь, зависит от исторической и национальной принадлежности; социального статуса и культурного уровня жильцов; возрастного состава; художественных предпочтений.

Литература

1. Гиляровский В. А. Москва и москвичи. Москва: Правда. 1989. т.4.
2. Иконников А. В. Зарубежная архитектура: От «новой архитектуры» до постмодернизма. Москва: Стройиздат. 1982. 255 с.
3. Кес Д. Стили мебели. Будапешт: Академия наук. Венгрии. 1981.
4. Овсянников В. А. Социально-экономические условия развития массового жилища в СССР. Жилая ячейка в будущем. Москва: Стройиздат. 1982. 23, 24, 25 с.

Development of the interior of a common room

Piatkov A.S.
Pacific national university

JEL classification: L61, L74, R53

The purpose of the study: to identify the features of the development of the common room interior in Historical styles, styles of the XIX and XX century. To achieve this goal, the task was set: based on the method of historical and analytical analysis, including factors influencing the development of the interior of a common room using fragments from the publications of Gilyarovsky V. A., Ikonnikov A.V., Kesa D., Ovsyannikov V. The purpose of the presented illustrative materials is to reveal the features of functional zoning, stylistic solutions, three-dimensional, object-spatial components of the interior of a common room. The comprehensive historical and analytical analysis presented in this study with illustrative examples of the phased development of the interior of a common room is a distinctive feature of this study and will be useful in the educational process for students of a specialized specialty and professional designers.

Keywords: common room, functional zoning, style, interior.

References

1. Gilyarovsky V. A. Moscow and Muscovites. Moscow: Pravda. 1989. vol. 4 (in Russian).
2. Ikonnikov, A.V. Foreign architecture: From "new architecture" to postmodernism. Moscow: Stroyizdat. 1982. p. 255. (in Russian)
3. Kes, D. Styles of furniture. Budapest: Academy of Sciences of Hungary. 1981. p. 132.
4. Ovsyannikov V.A. Socio-economic conditions for the development of mass housing in the USSR. Residential cell in the future. Moscow: Stroyizdat. 1982. p. 23, 24, 25. (in Russian)

Расчет термонапряженно-деформированного состояния многолетнемерзлых оснований зданий с учетом аварийных утечках из коммуникаций

Рабинович Михаил Владимирович
кандидат технических наук, доцент, кафедра механики грунтов и геотехники, НИУ МГСУ, rabinjv@gmail.com

В статье рассматриваются актуальные вопросы, связанные сформирование терморежима и термонапряженно-деформированного состояния (ТНДС) оснований зданий и сооружений, возведенных и эксплуатируемых на многолетнемерзлых грунтах с учетом аварийных утечек из инженерных коммуникаций. Дана классификация аварийных утечек из инженерных коммуникаций. Даны практические рекомендации по формированию расчетных схем численных расчетов ТНДС с учетом аварийных утечек.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, основания зданий, термонапряженно-деформированное состояние, аварии инженерных коммуникаций, аварийные утечки.

Анализ эксплуатации объектов капитального строительства на многолетнемерзлых грунтах показывает, что одной из основных причин повышения аварийности промышленно-гражданских сооружений и зданий является локальное растепление мерзлых грунтов оснований и их просадки при оттаивании вследствие теплового воздействия утечек из зданий или коммуникаций [1.2]. Так по данным Федеральной службы государственной статистики в Республике Саха (Якутия) имеется высокий удельный вес аварийных зданий, доля которых в 2016 году составила 16,5% от общего числа капитальных зданий, возведенных на территории Республики [3]. Основной причиной такого положения является систематические аварии инженерных коммуникаций, в том числе и в новом жилом фонде. Однако до последних лет не существовало достаточно надёжных и относительно простых инженерных методов прогноза теплового и напряжённо-деформированного состояния многолетнемерзлых оснований, учитывающих влияние высокотемпературных инженерных коммуникаций подземной и наземной прокладки и периодических или постоянных утечек воды и промышленных стоков, тем более для случаев естественно или искусственно засоленных мерзлых грунтов.

В статье излагается разработанная автором методика и результаты инженерного численного расчета взаимосвязанного теплового и термонапряжённо-деформированного состояния (ТНДС) многолетнемерзлого и оттаивающего засоленного основания, вмещающего высокотемпературный источник тепла с учетом влияния аварийных утечек из зданий и коммуникаций [4].

Как показывает опыт обследования и оценки состояния зданий при аварийных утечках, при возникновении утечки относительно теплой (по сравнению с мерзлым грунтом) или горячей воды из здания или коммуникации происходит практически мгновенное изменение температуры грунта на поверхности соприкосновения его с водой на значение температуры поступающей воды, которая затем остается постоянной либо медленно изменяется вместе с температурой воды. Учитывая, как правило, локальный и относительно кратковременный (до ликвидации аварии) характер теплового воздействия на грунт от аварийных утечек, следует особо отметить, что окружающий локальную течь воды многолетнемерзлый грунт длительное время (до полного оттаивания всего основания) не позволяет развиваться под зданием сплошным фильтрационным потокам, приводящим к более существенному конвективному тепловлагопереносу, и обуславливает в зависимости от вида и интенсивности утечки формирование в продуваемых подпольях зданий различного вида льдообразований (сталактитов, сталагмитов, наледей и тому подобных). Это позволяет в инженерных расчетах для аварийных утечек достаточно корректно использовать теорию кондуктивной теплопроводности, являющуюся в таких случаях, как показывает практика, основным видом теплопереноса в мерзлых и начинающих оттаивать грунтах оснований зданий.

При этом, многочисленными натурными наблюдениями (мониторингом) установлено, что конвективный тепловолагоперенос в грунтах основания под аварийными зданиями начинается только при смыкании оттаивающей от утечки зоны под зданием с сформировавшимся в основании сплошным потоком в верхних слоях уже оттаявших грунтов или с существующим водотоком и при значениях коэффициентов фильтрации грунтов более 10^{-4}см/сек. Поэтому при кратковременных утечках в многолетнемерзлые грунты основания никаких конвективных потоков тепловлагопереноса в натуре не наблюдается [2,3].

На основании анализа и обобщения результатов многолетних натурных наблюдений за техническим состоянием аварийных зданий и в целях повышения безопасности зданий и унификации предложений по способам учета, срокам и мерам ликвидации влияния утечек из зданий и коммуникаций на изменение терморежима и ТНДС оснований сооружений в криолитозоне авторами предлагается следующая унифицированная классификация аварийных утечек воды:

1 – по времени действия:
1.1 кратковременные утечки продолжительностью до 3…4 суток;
1.2 временные – 5…20 суток;
1.3 длительные – свыше 20 суток.
2 – по сезону действия:
2.1 зимние;
2.2 летние.

3 – по месту утечки:

3.1 непосредственно под зданием, в том числе:

3.1.а вблизи контура здания;

3.1.б под центральной (осевой) частью (под коридорной прокладкой коммуникаций;

3.1.в по межсекционным и межпанельным швам;

3.2 вблизи здания, за пределами контура;

3.3 комбинированные.

4 – по форме площади:

4.1 точечные;

4.2 линейные (протяженные);

4.3 зональные, в том числе

4.3.а локальные – площадью менее 25% площади здания;

4.3.б обширные – площадью более 25% площади здания

5 – по температуре воды:

5.1 низкотемпературные – с температурой воды ниже 5 °С

5.2 высокотемпературные – с температурой воды 5…50 °С;

5.3 горячие – с температурой воды выше 50 °С

6 – по интенсивности (по расходу воды в л/ч на 1 п.м. для линейных и точечных утечек или на 1 м2 для зональных):

6.1 слабые – до 20 л/ч;

6.2 средней интенсивности – 20…200 л/ч;

6.3 сильные – свыше 200 л/ч.

7 – по химическому составу:

7.1 незасоленные с концентрацией Ку менее 3%

7.2 слабозасоленные с концентрацией Ку более 3% , в том числе:

7.2.1 слабозасоленные – Ку=3…10%;

7.2.2 среднезасоленные – Ку=10…20%;

7.2.3 сильнозасоленные – Ку более 20%.

7.3 насыщенные и перенасыщенные рассолы с Ку более концентрации насыщения хотя бы одного из химических компонентов рассола.

8 – по биологической безопасности:

8.1 безопасные;

8.2 биологически активные и опасные;

8.3 особо опасные, ядовитые и радиоактивные.

В предлагаемой инженерной методике влияние утечек моделируется комбинациями локальных (точечных) и линейных прерывистых тепловых источников, вызывающих в момент приложения тепловой нагрузки мгновенное изменение температуры на поверхности грунта в данной точке или на данном участке воздействия на значение температуры воды, поступающей из здания или коммуникаций и применительно к типовым зданиям серии 664ВМ с коридорной системой и прокладкой коммуникаций под полом коридора первого этажа по продольной оси здания.

Постановка и решение термомеханической задачи прогноза влияния утечек на терморежим и ТНДС основания здания включает два этапа. На первом этапе решается тепловая задача и определяются температурные поля и изменение их во времени. На втором этапе, по полученным термополям, рассчитываются поля характеристик ТНДС основания (перемещения, деформации, напряжения, зоны пластических деформаций и предельных состояний, коэффициенты запаса и другие) и устанавливается их динамика в зависимости от изменения теплового состояния с учетом изменений теплофизических характеристик мерзлых и оттаивающих грунтов.

В качестве тепловой (на первом этапе) формулируется и решается задача прогноза нестационарного температурного режима основания здания при воздействии тепла от заглубленного коллектора, поверхностных инженерных коммуникаций и кратковременных (и временных) локальных и линейных утечек с использованием уравнений кондуктивной теплопроводности с фазовыми переходами и термомеханической энтальпийной модели оттаивающего-промерзающего грунта [2,5,8]. Решаемая задача иллюстрируется на примере прогноза терморежима и ТНДС основания аварийного здания в поселке Синегорье (рис.4А), возведенного по I принципу использования вечномерзлых грунтов в качестве основания и претерпевшего разрушение торцевой секции от периодических утечек продолжительностью около недели с расходами от 5..50 л/ч до 500…800 л/ч, в основном, систематически возникающих на вводе коммуникаций в здание и по оси коридора первого этажа. Это наиболее типовое здание поселка с типичными утечками воды из ввода коммуникаций и из сантехнических трубопроводов, проложенных в центральной коридорной части под полом первого этажа, что позволяет достаточно корректно решать двухмерную задачу (по осевому сечению здания) с граничными условиями первого рода на верхней и нижней границах и второго рода на боковых границах расчетной схемы (рис.4Б). Начальные и граничные условия задаются на основе реальных данных натурных наблюдений, при отсутствии таковых можно задавать краевые условия по аналогии и климатическим данным района или на основании решения простых вспомогательных одномерных задач. Для случая засоленных грунтов основания вводятся характеристические температуры фазовых переходов грунтовой влаги, зависящие от аналогичных характеристик незасоленных грунтов и концентрации поровых растворов (или засоленности грунтов).

Результаты численного расчета изменения температурного режима основания жилого здания под тепловым влиянием коллектора и утечек воды из торцевой секции здания приведены. Анализ расчетных температурных полей показывает, что в зоне утечек максимальная глубина оттаивания достигла 5,5 м под коллектором и 3 м под углом здания, при этом тепловое влияние утечек сказывается на существенно большую глубину – до 9,6 м под торцевой секцией, что ниже подошвы условного (свайного) фундамента. После ликвидации аварийных утечек их влияние еще сказывается в течение 6…7 месяцев, хотя в зимних условиях чаша оттаивания быстро уменьшается и через 17 суток она уже выходит за контуры здания в плане, сохраняясь только под коллектором. Сопоставление расчетных и фактических (натурных) данных по температурам свидетельствует о хорошей их сопоставимости максимальное расхождение в значениях температур от 0,5…1,0 °С в массиве до 1,5…2,5 °С в поверхностных слоях (до 2м), что характеризует точность разработанной программы в среднем 11…23 %.

В механической части решения термомеханической задачи (на втором этапе) может использоваться любая физико-механическая модель; в приведенном примере использована физическая модель деформируемости мерзлого грунта, предполагающая, что полная деформация складывается из деформации пластично-мерзлого грунта, оттаивающего и талого грунта под действием нагрузки, температурных деформаций, деформации оттаивания. Реологической составляющей деформации при кратковременных утечках пренебрегаем ввиду её малости. Принимается нелинейная зависимость модуля общей деформации грунта от температуры, вносящая наибольший вклад в изменение ТНДС при переменном терморежиме.

Численные расчеты ТНДС по полученным термополям, показали, что учет теплового влияния коллектора и, особенно, утечек под торцевой секцией здания приводит к возрастанию осадок с 5,5 см до 15…20 см под зданием и до 47,5 см под коллектором. При этом максимальные значения осадок по расчету фиксируются под торцевым краем фундамента, что совпадает с натурными данными, подтвердившими запредельные значения осадок и аварийное состояние торцевой секции. Важно отметить, что при расчете с учетом влияния утечек, под краем фундамента существенно выше предельных значений повышаются касательные напряжения. В результате развивается зона пластических деформаций до глубины на 4,8 м ниже подошвы фундамента, что подтверждается развитием осадок запредельных значений. Сопоставление расчетных и фактических значений конечных осадок и хода осадок во времени показало вполне удовлетворительную сходимость с точностью до 11…15%, что для инженерных методов расчета подобного рода является достаточно высокой точностью и свидетельствует о корректности и работоспособности разработанной авторами методики инженерного прогноза температурного режима и термонапряженно-деформированного состояния оснований зданий с учетом теплового воздействия утечек из зданий и инженерных коммуникаций. Это позволяет рекомендовать данную методику термомеханических расчетов к более широкому внедрению в практику проектирования и, особенно, для экспресс-анализа аварийных зданий в криолитозоне и оценки их аварийности. Кроме того, для эксплуатационно-ремонтных служб жилищно-коммунальных хозяйств рекомендуется не допускать временных (более 5 суток) и тем более длительных (более 20 суток) утечек и осуществлять нормальную эксплуатацию систем водоснабжения и водоотведения с регламентными (своевременными) профилактическими ремонтами, а ликвидацию непредвиденных аварийных утечек осуществлять в первые же 3-4 дня со дня их обнаружения [7], что существенно снизит аварийность и обеспечит безопасность зданий и сооружений в криолитозоне.

Литература

1. Кроник Я.А. Безопасность оснований и фундаментов зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах // ОФМГ, 2017, №3. С. 36-39

2. Кроник Я.А. Анализ аварийности и безопасности геотехнических систем в криолитозоне // Материалы V конференции геокриологов России. МГУ им. М.И. Ломоносова, М., Университетская книга. 2016. т.1. с. 104-111.

3. Набережный А.Д., Кузьмин Г.П., Посельский Ф.Ф. Анализ причин снижения несущей способности оснований и фундаментов в геокриологических условия Якутии // Промышленное и гражданское строительство. 2016, №8, С.52-58.

4. Кроник Я.А., Рабинович М.В. Влияние коммуникаций на оттаивание вечномерзлых грунтов оснований зданий // Рациональное природопользование в криолитозоне. Тезисы докладов. – Якутск, 1990, с. 85-87.

5. Кроник Я.А. Термомеханические модели мерзлых грунтов и криогенных процессов// Реология грунтов и инженерное мерзлотоведение.- М.: Наука, 1982. – с. 87-94.

6. Рабинович М.В. Расчет термонапряженно-деформированного состояния оснований зданий на вечномерзлых засоленных грунтах с учетом переменной температуры // диссертация на соискание ученой степени КТН, Москва, МИСИ, 1992.

7. Орлов Е.В., Комаров А.С., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Утечки в трубопроводах систем внутреннего водоснабжения // Вестник МГСУ. 2015. №3. С. 40-47.

8. Кроник Я.А. Прогноз термомеханического взаимодействия сооружений и оснований // Вестник МГСУ. 2006, №1, с. 73-82.

Calculation of the thermal stress-strain state of permafrost foundations of buildings taking into account emergency leaks from communications

Rabinovich M.V.
National Research University Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines current issues related to the development of the thermal regime and thermal stress-strain state (TSS) of the foundations of buildings and structures erected and operated on permafrost soils, taking into account emergency leaks from utility lines. A classification of emergency leaks from utility lines is provided. Practical recommendations for developing numerical TSS calculation schemes taking into account emergency leaks are provided.

Keywords: permafrost soils, building foundations, thermal stress-strain state, utility line failures, emergency leaks.

References

1. Kronik Ya.A. Safety of foundations and foundations of buildings and structures on permafrost soils // OFMG, 2017, No. 3. pp. 36-39
2. Kronik Ya.A. Analysis of the accident rate and safety of geotechnical systems in the cryolithozone // Proceedings of the V Conference of geocryologists of Russia. Lomonosov Moscow State University, Moscow, University Book. 2016. vol.1. pp. 104-111.
3. Naberezhnye Chelny A.D., Kuzmin G.P., Poselsky F.F. Analysis of the causes of a decrease in the bearing capacity of foundations and foundations in the geocryological conditions of Yakutia // Industrial and civil engineering. 2016, No. 8, pp.52-58.
4. Kronik Ya.A., Rabinovich M.V. The influence of communications on the thawing of permafrost soils of building foundations // Rational nature management in the cryolithozone. Abstracts of reports. Yakutsk, 1990, pp. 85-87.
5. Kronik Ya.A. Thermomechanical models of frozen soils and cryogenic processes// Rheology of soils and permafrost engineering. Moscow: Nauka, 1982. pp. 87-94.
6. Rabinovich M.V. Calculation of the thermally stressed-deformed state of building foundations on permafrost saline soils taking into account variable temperature // dissertation for the degree of KTN, Moscow, MISI, 1992.
7. Orlov E.V., Komarov A.S., Melnikov F.A., Serov A.E. Leaks in pipelines of internal water supply systems // Bulletin of MGSU. 2015. No. 3. pp. 40-47.
8. Kronik Ya.A. Forecast of thermomechanical interaction of structures and foudations // Bulletin of MGSU. 2006, No. 1, pp. 73-82.

Исследование и разработка волновой технологии строительства хранилищ экологически опасных отходов в многолетнемерзлых породах Крайнего Севера

Русаков Илья Валентинович
аспирант, ИМАШ РАН, sbsclub11@gmail.com,

Бухаров Александр Владимирович
аспирант, ИМАШ РАН, pego137@rambler.ru,

Ситников Владимир Михайлович
аспирант, ИМАШ РАН, 89261339965@mail.ru

В статье рассмотрены существующие методы строительства подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах (ММП) для захоронения экологически опасных отходов. Показаны их основные недостатки: высокие энергозатраты, неконтролируемое растепление массива, увлажнение пород и риск повторного замерзания. Обоснована целесообразность применения волновой (СВЧ) технологии, позволяющей осуществлять объёмный нагрев и точный контроль процесса.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы (ММП), подземные хранилища, экологически опасные отходы, сверхвысокие частоты (СВЧ), СВЧ-оттайка, экономическая эффективность, энергозатраты, криолитозона, метрология.

Введение

Освоение нефтегазовых месторождений на Крайнем Севере сопровождается накоплением значительных объёмов буровых шламов, пластовых рассолов и токсичных реагентов, относимых согласно классификации Росприроднадзора к отходам III–IV классов опасности. Захоронение их на поверхности экологически опасно, а вывоз в другие регионы требует больших затрат на логистику.

Одним из перспективных решений является создание подземных хранилищ в толще ММП, которые благодаря стабильной отрицательной температуре и низкой фильтрационной способности служат естественным геологическим барьером. Однако существующие технологии сооружения таких резервуаров — проходка шахт, размыв горячей водой или паром — обладают серьёзными недостатками. Как показано в работе [1], применение традиционных методов нагрева нельзя признать удовлетворительным из-за невысокого темпа оттайки, обусловленного низкой теплопроводностью мерзлых пород, а также вследствие отрицательного влияния источников нагрева на тепловой режим выработки. Кроме того, паротепловая оттайка приводит к увлажнению пород, что способствует их повторному замерзанию.

В связи с этим актуальной научно-технической задачей является разработка более управляемого и энергоэффективного метода формирования подземных полостей в криолитозоне. Принципиально иной подход заключается в применении волнового электромагнитного поля СВЧ для объёмного нагрева и оттаивания мерзлых пород.

Проведен анализ более 45 источников (статьи ВАК, патенты, диссертации) за 1982–2025 гг. Особое внимание было уделено работам Ю.М. Мисника по разупрочнению мерзлых пород СВЧ-полями, диссертации Н.И. Рябца по обоснованию параметров СВЧ-разупрочнения, а также публикациям В.А. Казаряна, Ю.С. Кузнецова, А.С. Хрулева и др.

В основу положены полевые испытания, описанные в работах Н.И. Рябца и соавторов (Ю.М. Мисник, В.А. Хоминский, О.Б. Шонин) в «Записках Горного института» за 1984 год. Испытания СВЧ-установок проводились в условиях городов Якутска, Омска и Магадана. Применялся магнетронный генератор мощностью 6 кВт на частоте 2,45 ГГц. Излучатель помещался в скважину диаметром 150 мм. Испытывались пять типов пород с влажностью от 7 до 44%.

Основные режимы испытаний:

- продолжительность облучения — 15–40 мин;
- расстояние от излучателя до фронта оттаивания — 0,1–0,8 м;
- съём пульпы — эрлифтом.

Кроме того, использованы данные А.С. Хрулева по скважинной гидротехнологии на полуострове Ямал. Песчаные отложения в районе Бованенковского ГКМ залегают на глубине 10–40 м, их мощность достигает 80 м, а многолетнемерзлые породы практически непроницаемы для газов и жидкостей. Это подтверждает пригодность ММП для строительства хранилищ.

В ходе анализа была построена двумерная осесимметричная модель в программном пакете COMSOL Multiphysics, учитывающая нестационарную теплопроводность с фазовым переходом «лёд–вода». Внутренний источник тепла от СВЧ-излучения задавался через диэлектрические потери. Моделирование позволило определить динамику температурного поля и зону оттаивания в зависимости от времени облучения.

Для достоверности результатов контролировались следующие параметры указанные в таблице 1:

Табл. 1

Параметр	Средство измерения	Погрешность
Температура грунта (до –30°C)	Термопары типа ТХК	±0,5°C
Влажность грунта	Весовой метод (сушка при 105°C)	±1%
Частота СВЧ-генератора	Частотомер Ч3-64	±0,02%
Выходная мощность	Измеритель мощности М3-22А	±5%
Глубина оттаивания	Механический щуп	±2 мм
Диэлектрическая проницаемость	Коаксиальный резонатор	±7%

Перед опытами проводилась калибровка термопар по эталонному термометру (погрешность 0,1°С). Мощность СВЧ-генератора контролировалась в реальном времени. Каждый опыт повторялся трижды, в таблицы заносилось среднее арифметическое значение.

При облучении влажного песка (влажность 22%) в течение 30 мин зона оттаивания достигла радиуса 0,5 м. Удельные энергозатраты составили 21 кВт·ч/м³. Для суглинка при той же влажности — 19 кВт·ч/м³. Скальные породы требовали больше энергии (до 38 кВт·ч/м³) из-за меньших диэлектрических потерь. Минимальные энергозатраты (18 кВт·ч/м³) зафиксированы для супеси с влажностью 15%.

Расчёты показали, что через 20 мин работы СВЧ-излучателя температура на расстоянии 0,3 м от скважины поднимается выше 0°С, а через 40 мин — на 0,6 м. Зона оттаивания имеет форму эллипсоида, вытянутого вдоль оси скважины. Это подтверждает, что волновой метод позволяет создавать полости управляемой формы.

Суммарная погрешность определения удельных энергозатрат (с учётом ошибок измерения мощности, времени и объёма вынутой породы) не превысила 12%, что приемлемо для геотехнологических экспериментов. Наибольший вклад вносила погрешность оценки объёма полости (из-за неровностей стенок).

Анализ затрат при традиционной паротепловой оттайке показал, что расход пара на 1 м³ мерзлоты составляет 20–30 кг. Для производства 1 кг пара требуется 0,6–0,7 кВт·ч электроэнергии (с учётом КПД электрокотла ≈70%). Таким образом, удельные энергозатраты при паротепловой оттайке составляют 40–50 кВт·ч/м³.

Дополнительные затраты включают:

- расход воды до 30 л на 1 м³ оттаиваемой породы (соответствует расходу пара);
- логистику оборудования (паровые иглы, парогенераторы, трубопроводы);
- мероприятия по предотвращению увлажнения и повторного замерзания пород.

Проведен Расчёт затрат при волновой технологии**.** По результатам экспериментальных испытаний, удельные энергозатраты при СВЧ-оттайке составляют 18–25 кВт·ч/м³ (в среднем 21,5 кВт·ч/м³). При этом:

- отсутствует необходимость в воде и паре;
- отпадает потребность в строительстве парогенерирующих установок;
- снижаются требования к логистике (СВЧ-генератор компактен).

Проведен сравнительный экономический эффект двух методов**.** Для расчёта использованы тарифы на электроэнергию для промышленных потребителей в Арктической зоне РФ. По данным ФАС России, в Чукотском АО тариф достигает 12,6 руб./кВт·ч, в Якутии — 10,7 руб./кВт·ч, в Ненецком АО — 8,6 руб./кВт·ч. Для расчёта принят усреднённый тариф 10 руб./кВт·ч для удалённых нефтегазопромысловых районов.

Показатель	Паротепловая оттайка	Волновая (СВЧ) оттайка
Удельные энергозатраты, кВт·ч/м³	40–50	18–25
Средние энергозатраты, кВт·ч/м³	45	21,5
Экономия энергии, %	—	52%
Затраты на электроэнергию на 1 м³, руб.	450	215
Затраты на резервуар 1000 м³, тыс. руб.	450	215
Экономия на резервуар 1000 м³, тыс. руб.	—	**235**

Таким образом, на строительство одного резервуара объёмом 1000 м³ экономия только прямых энергетических затрат составляет **235 тыс. рублей**. С учётом сокращения затрат на воду (отсутствует), логистику (СВЧ-установка компактнее парогенерирующего оборудования) и снижения экологических рисков (нет увлажнения пород, исключается повторное замерзание) общий экономический эффект может возрастать в 1,5–2 раза и достигать **350–470 тыс. руб.** на резервуар.

Опираясь на данные Н.И. Рябца, Ю.М. Мисника и других исследователей, предлагается следующий порядок строительства подземного хранилища в ММП:

1. Бурение пилотной скважины диаметром 150–200 мм.
2. Спуск СВЧ-излучателя (частота 915 МГц для суглинков или 2,45 ГГц для песков).
3. Послойное оттаивание породы с одновременной эвакуацией пульпы эрлифтом.
4. По достижении проектного объёма — замена излучателя на обсадную трубу с герметизирующей завесой.

Применение волновой технологии на наш взгляд дает следующие приимущества**:**

- снижение энергозатрат на оттайку в 2–2,5 раза по сравнению с паротепловым методом;
- возможность остановки процесса в любой момент (высокая управляемость);
- минимальное тепловое воздействие на стенки хранилища (зона оттаивания точно ограничена);
- отсутствие увлажнения пород и риска повторного замерзания;
- компактность оборудования и низкие логистические издержки.

Заключение

Проведён анализ отечественных способов строительства подземных резервуаров в многолетнемёрзлых породах. Выполнены экспериментальные исследования СВЧ-оттайки на установках в Якутске, Омске и Магадане, подтвердившие эффективность волнового метода. Удельные энергозатраты при СВЧ-оттайке составляют 18–25 кВт·ч/м³, что в 2–2,5 раза ниже, чем при паротепловом способе (40–50 кВт·ч/м³).

Экономия прямых энергетических затрат на строительство одного резервуара объёмом 1000 м³ достигает 235 тыс. руб. (≈52%). С учётом сокращения логистических издержек и снижения экологических рисков общий экономический эффект может возрастать в 1,5–2 раза и составлять 350–470 тыс. руб. на резервуар.

Разработаны методика эксперимента и метрологическое обеспечение, позволяющие контролировать температуру, влажность, мощность излучения и размеры полости с погрешностью не более 12%. Полученные результаты могут служить основой для опытно-промышленных испытаний на объектах Крайнего Севера.

Литература

1. Мисник Ю.М. Основы разупрочнения мерзлых пород СВЧ-полями. — Л.: Недра, 1982. — 209 с.
2. Рябец Н.И. Основы разупрочнения и оттаивания мерзлых пород СВЧ энергией. — Якутск, 1991. — 156 с.
3. Рябец Н.И. Научно-техническое обоснование параметров и создание безопасных способов и средств разупрочнения мерзлых горных пород СВЧ электромагнитной энергией: дис. … д-ра техн. наук. — М., 1998. — 368 с.
4. Мисник Ю.М., Хоминский В.А., Шонин О.Б., Рябец Н.И. Технологические и энергетические параметры оттайки мерзлых пород СВЧ электромагнитной энергией // Записки Горного института. — 1984. — Т. 99. — С. 9–15.
5. Порохняк А.М., Рассудов А.В. Захоронение жидких отходов в криолитозоне. — М.: Недра, 1993. — 112 с.
6. Казарян В.А., Хрулев А.С., Савич О.И., Сурин С.Д., Шергин Д.В. Строительство подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах для хранения жидких углеводородов и захоронения промышленных отходов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2012. — № 6. — С. 42–45.
7. Некрасов С.А., Волков В.С. Компьютерное моделирование и оптимизация оттаивания грунтов при помощи энергии СВЧ // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Математика и физика. — 2016. — Т. 9. — № 1. — С. 60–68.
8. Слободчикова С.В. Диэлектрические и излучательные свойства мерзлых песчаных почв в СВЧ-диапазоне волн: автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук. — М., 1993. — 16 с.
9. Кузнецов Ю.С. Научная деятельность в области буровых работ в сложных климатических и геолого-технических условиях // Башкирская энциклопедия. — Уфа, 2015.
10. Вакуленко И.С., Смирнов В.И., Сурин С.Д. Опыт строительства и перспективы использования подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах для захоронения отходов бурения // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 1. — С. 3–10.
11. Корниенко Д.А., Дрозд А.Н., Тимонов Е.Г., Каверин А.А. Эффективное применение подземных резервуаров в многолетнемерзлых грунтах для размещения отходов бурения 2024.

Research and development of wave technology for the construction of hazardous waste storage facilities in permafrost in the Far North

Rusakov I.V., Bukharov A.V., Sitnikov V.M.
IMASH RAS

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines existing methods for constructing underground storage facilities in permafrost (PF) for the disposal of environmentally hazardous waste. Their main drawbacks are highlighted: high energy costs, uncontrolled ground thawing, rock

moisture, and the risk of refreezing. The feasibility of using microwave (microwave) technology, which enables volumetric heating and precise process control, is substantiated.
Keywords: permafrost (PF), underground storage facilities, environmentally hazardous waste, ultra-high frequencies (UHF), microwave defrosting, cost efficiency, energy costs, cryolithozone, metrology.

References

1. Misnik Yu. M. Fundamentals of Softening of Frozen Rocks with Microwave Fields. Leningrad: Nedra, 1982. 209 p.
2. Ryabets N. I. Fundamentals of Softening and Thawing of Frozen Rocks with Microwave Energy. Yakutsk, 1991. 156 p.
3. Ryabets N. I. Scientific and Technical Substantiation of Parameters and Development of Safe Methods and Means of Softening Frozen Rocks with Microwave Electromagnetic Energy: Doctor of Engineering Sciences Dissertation. Moscow, 1998. 368 p.
4. Misnik Yu. M., Khominsky V. A., Shonin O. B., Ryabets N. I. Technological and Energy Parameters of Thawing Permafrost with Microwave Electromagnetic Energy // Zapiski Gornogo Instituta. — 1984. — Vol. 99. — Pp. 9–15.
5. Porokhnyak A.M., Rassudov A.V. Disposal of Liquid Waste in the Cryolithozone. — Moscow: Nedra, 1993. — 112 p.
6. Kazaryan V.A., Khrulev A.S., Savich O.I., Surin S.D., Shergin D.V. Construction of Underground Reservoirs in Permafrost for Storing Liquid Hydrocarbons and Disposal of Industrial Waste // Environmental Protection in the Oil and Gas Complex. — 2012. — No. 6. — Pp. 42–45.
7. Nekrasov S.A., Volkov V.S. Computer Modeling and Optimization of Soil Thawing Using Microwave Energy // Journal of the Siberian Federal University. Series: Mathematics and Physics. — 2016. — Vol. 9. — No. 1. — Pp. 60–68.
8. Slobodchikova S.V. Dielectric and Emissivity Properties of Frozen Sandy Soils in the Microwave Range: Abstract of a Cand. Sci. (Phys. and Mathematics) Dissertation. — Moscow, 1993. — 16 p.
9. Kuznetsov Yu.S. Scientific Activity in the Field of Drilling Operations in Complex Climatic and Geological-Technical Conditions // Bashkir Encyclopedia. — Ufa, 2015.
10. Vakulenko I.S., Smirnov V.I., Surin S.D. Experience in the construction and prospects of using underground reservoirs in permafrost for the disposal of drilling waste // Mining information and analytical bulletin. - 2016. - No. 1. - P. 3-10.
11. Kornienko D.A., Drozd A.N., Timonov E.G., Kaverin A.A. Effective use of underground reservoirs in permafrost soils for the disposal of drilling waste 2024.

Влияние микрокремнезема на свойства высокопрочного бетона в Сирии

Хамуд Сафаа
магистрант, Российский университет дружбы народов (РУДН),
1032245452@rudn.ru,

Чеве Калуба
магистрант, Российский университет дружбы народов (РУДН),
1032245722@rudn.ru,

Рынковская Марина
доцент, Российский университет дружбы народов (РУДН),
(rynkovskaya_mi@pfur.ru),

Йорданос Могсе Гирма
аспирант, Российский университет дружбы народов (РУДН),
(yordanosmoges1379@gmail.com)

В последнее время большое внимание уделяется использованию высокопрочного бетона, поскольку его применение позволяет уменьшить количество бетонных секций, тем самым обеспечивая большую площадь внутри зданий, снижая вес здания и позволяя увеличить количество этажей, а также характеризуясь высокой прочностью и долговечностью. В данном исследовании изучалось влияние добавления микрокремнезема в количестве (10, 15, 20) от массы цемента на свойства высокопрочного бетона. Поскольку для получения высокопрочного бетона необходимо снизить водоцементное соотношение, использовалось водоцементное соотношение 0,30, а пластификатор (Plastocrete-N) использовался в количестве 3,5% от массы цемента для поддержания требуемой удобоукладываемости. Было проведено несколько испытаний бетонных смесей и образцов, включая испытание на осадку конуса и испытание на прочность при сжатии для 48 образцов (через 14, 28 и 56 дней), испытание на косвенную прочность на растяжение для 12 образцов через 28 дней и испытание на коэффициент водопоглощения бетона для 8 образцов. Результаты испытаний показали улучшение всех свойств бетона при добавлении микрокремнезема по сравнению с контрольной смесью. Наибольшая прочность на сжатие, полученная через 56 дней, составила 87,8 МПа при 15% содержании микрокремнезема. При том же процентном содержании прочность на растяжение увеличилась по сравнению с контрольной смесью на 16,19% через 28 дней.
Ключевые слова: высокопрочный бетон, микрокремнезем, зола, прочность на сжатие.

1. Introduction

The use of concrete has increased widely in all residential and service buildings and facilities, where traditional concrete mixes with medium strength are used in their construction. As a result of the steady increase in population, there has been a trend towards vertical expansion in buildings due to its advantage over horizontal expansion in terms of the small occupied areas while housing larger numbers of residents, employees, or others. Thus, many high-rise buildings have spread in most countries of the world. In order to fully benefit from vertical expansion and to achieve optimal utilization of occupied spaces, it is preferable to use high-strength concrete mixes, especially in building columns. This would reduce the cross-sections of the columns, thus providing larger open spaces within the buildings, with the possibility of increasing the number of floors.

High-strength concrete is a relatively new type of concrete that has gradually developed over several years. With this development, the concepts surrounding it have also changed. In the 1950s, concrete with a compressive strength of (34 Mpa) was considered high-strength. In the 1960s, concrete with a strength of (52 MPa) was used, and in the 1970s, concrete with a strength of (62 MPa) was produced. More recently, a compressive strength of (140 MPa) has been achieved and used in some of the world's tallest buildings. [1]

One of the additives used to obtain high-strength concrete is silica fume, a pozzolanic material added to concrete mixes. It is a byproduct of the ferrosilicon metal production process in electric arc furnaces, where it is obtained from the flue gases rising through the furnace chimneys via a condensation process, this material contains a very high percentage of silicon oxides, reaching 97%. When added to the concrete mix, the silicon oxides react with the free calcium hydroxide produced from the cement hydration process and produce a compound (calcium silicate hydrates) in large quantities, thus helping to greatly increase compressive strength [2].

In this study, cement was partially replaced with silica fume at percentages of (10, 15, and 20%) to determine the effect of this replacement on the workability, compressive strength, tensile strength, and absorption ratio of high-strength concrete, and also to determine the optimal ratio for adding this material.

2. Experiment Method

Materials used in the study:

2.1. Cement

Locally produced ordinary Portland cement (Zliten), type N42.5, was used, conforming to Syrian standard specifications (Syrian Standard Specifications, 2002). [2][3]

2.2. Fine aggregate

Locally available sand from the Zliten region was used. The particle size distribution test was carried out according to the Syrian standard specification as shown in Table (1). Physical tests were conducted according to the Syrian specification, where the specific gravity was (2.67) and the absorption capacity was (1.01%), and it was found to be in accordance with the Syrian standard specifications.

Table (1)
Granularity gradation of fine aggregates

Sieve opening size (mm)	Reserved Percentage	Percentage of passersby	Specification Limits
5.00	0	100	100
2.36	0.3	99.7	100-80
1.18	1.2	98.8	100-70
0.6	35	65	100-55
0.3	75	25	70-5
0.15	99.6	0.4	15-0

2.3. Coarse aggregate

Local coarse aggregate (snakehead aggregate) was used, which is irregularly shaped aggregate with a maximum nominal size of 20mm. The particle size distribution test was carried out according to the Syrian standard specification as shown in Table (2). Physical and mechanical tests were also carried out according to the Syrian specifications shown in Table (3). It was found that the aggregate used conforms to the Syrian standard specifications.

Table (2)
Results of physical and mechanical tests for coarse aggregate

Testing	Results	Syrian specification number
Specific gravity	2.64	256
Absorption capacity	0.68	256
Shock factor	%11.56	255

Table (3)
Sieve Analysis of Coarse Aggregate

Sieve opening size (mm)	Weight Retained (g)	Cumulative Retained Weight (g)	Cumulative Retained (%)	Passing (%)	Specification limits
37.5	0	0	0	100	100
20	95	95	1.9	98.1	100-90
14	1755	1850	37	63	80-40
10	1100	2950	59	41	60-30
5	2000	4950	99	1	10-0

2.4. Silica Fume

Silica fume produced by Sika Company was used, packaged in 5 kg bags. Table (4) shows its physical properties, and Table (5) presents its chemical composition. It was used in accordance with the American standard (ACI 234R, 1996).[3]

Figure (1): Sample of Silica fume

Table (4)
Physical Properties of Silica (ACI 234 R, 1996)

Property	Value
Particle size (typical)	<1µm
Bulk density (AS-Produced) (Slurry) (Densified)	130-430 kg/m³ 1,320-1,440 kg/m³ 480-720 kg/m³
Specific gravity	2.22
Surface area	13,000-30,000 m²/kg

Table (5)
Chemical composition of silica (ACI 234 R, 1996)

Chemical Composition (%)	
SiO2	90 – 96
Fe2O3	0.07 - 1.9
Al2O3	0.5 - 0.8
Na2O	0.3 - 0.42
K2O	0.5 -1.3
CaO	0.5
MgO	0.04 - 0.9

2.5. Superplasticizers (Admixtures)

In this study, superplasticizers manufactured by Sika Company were used, specifically Plastocrete-N. It is a liquid admixture for concrete that acts as a high-efficiency plasticizer and a water-reducing agent, improving the impermeability of concrete. It complies with the American standard ASTM C494-81 Type A, and it is available in the Syrian market.[4][5]

2.6. Concrete Mixes

Several trial mixes were carried out to ensure the suitability of the used admixtures and their compatibility with cement and other mix components, in order to determine the optimum dosage of the plasticizer that provides the required workability. All concrete mixes were designed according to the following criteria, and Table (6) shows the quantities of materials used in these mixes:

1. Cementitious materials content: **500 kg/m³**
2. Water-to-cement ratio (w/c): **0.30**
3. Superplasticizer dosage: **3.5% of cement weight**

Table (6)
Proportions of □aterials Used in Concrete □ixes

Mix No.	Cement (kg/m³)	Fine Aggregate (kg/m³)	Coarse Aggregate (kg/m³)	Water (kg/m³)	Superplasticizer (kg/m³)	Silica Fume (kg/m³)
NC	500	659	1162	150	17.5	0
S.F10	450	659	1162	150	17.5	50
S.F15	425	659	1162	150	17.5	75
S.F20	400	659	1162	150	17.5	100

3. Experiment Test

All tests were conducted in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering at Damascus University.

Figure (2): laboratory at Damascus University.

3.1. Slump Test

This test was carried out according to the American standard (ASTM C143-78) to measure the workability of concrete used in the study.

Figure (3): slump test

3.2. Compressive Strength Test

This test was conducted according to the British standard (BS 1881 Part 116) on cube-shaped specimens with dimensions (150 × 150 × 150 mm).

After completing the curing period, the specimens were removed and left to dry for 24 hours at room temperature. Then, they were placed in the testing machine, ensuring that the loaded surface of the cube is parallel to the loading plates and perpendicular to the machine axis. In this study, the test was carried out on 48 cubes at ages (7, 14, 28, and 56) days.[9][10]

Figure (4): Compressive Strength Test

3.3. Splitting Tensile Strength Test

This test was conducted according to the American standard ASTM C496-2003 on cylindrical specimens with:

- Diameter: 150 mm
- Length: 150 mm

After curing, the specimens were removed and left to dry for 24 hours at room temperature. Then, they were placed horizontally in the testing machine and loaded gradually until failure. The applied stress causing failure was recorded. Typically, the specimen splits into two halves after failure. In this study, the test was performed on 12 cylinders for 28 days.[11]

3.4. Water Absorption Test of Concrete:

This test was carried out according to the British standard (BS 1881 Part 122). The test was conducted on two concrete cubes from each mix, making a total of 8 samples, at the age of 28 days. The procedure was as follows:

- The specimens were dried in an oven at a temperature of 100–105°C for 24 hours.
- Then they were left to cool for 2 hours.
- The dry weight was measured (W1) using an electronic balance.
- The specimens were then immersed in water for 24 hours.
- After removal, the surface was wiped with a cloth, and the wet weight (W2) was recorded.

The percentage of water absorption was calculated using:

Water Absorption %=(W2−W1/W1)×100 . [12][13]

4. Results and Discussion

4.1. Slump Test Results:

The results showed that adding silica fume increased the slump value compared to the control mix by (70,90,160%). In Table (7) shown the slump test results for the control mix (NC) and the mixes containing silica fume at percentages of (10, 15, and 20%). This is because silica fume particles fill the voids between cement particles, which improves workability and reduces the

water required in the concrete mix. However, it is also observed that as the silica fume content increases, workability decreases due to:

- The very fine particle size
- The high surface area, which increases water absorption

Despite this, the use of a superplasticizer helped maintain the required workability.

Table (7)
Slump Test Results

Mix No.	Slump (mm)	Increase Compared to Control (%)
NC	50	0
S.F10	130	160
S.F15	95	90
S.F20	85	70

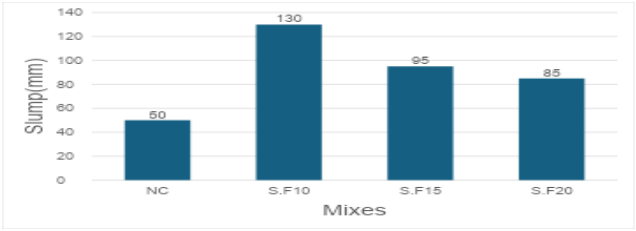


Figure (5): The effect of the silica fume utilization ratio on workability.

4.2. Compressive Strength:

Table (8) shows the results of the compressive strength test for the control mix (NC) and the mixes containing silica fume at percentages of (10, 15, and 20%), at ages (7, 14, 28, and 56) days. The results indicate an increase in compressive strength compared to the control mix at all ages. This is due to:

- The very fine size of silica fume particles, which fill the voids between cement particles
- The pozzolanic reaction of silica fume
- Its high content of silicon oxides (SiO_2)

The highest compressive strength was observed when silica fume was added at a rate of 15% by weight of the cement, increasing the strength of the mix by 17.77% at 28 days and by 21.01% at 56 days compared to the reference mix, These results are consistent with those of (Amudhavalli and Mathew 2012), who found that the highest compressive strength was achieved with a 15% silica content. They also align with those of (Sata et al. 2004), who found that the optimal silica content for maximum strength is 15% of the cement weight [14].

Table (8)
Compressive Strength Test Results

Mix No.	Compressive strength (MPa) - Percentage increase over the reference mix (%)			
	7 days	14 days	28 days	56 days
NC	(0)- 61	(0)- 64	(0)- 68.44	(0)- 72.55
S.F10	(16.5)- 71.07	(14.92)- 73.55	(13.64)- 77.78	(12.19)- 81.4
S.F15	(18.98)- 72.58	(14.23)- 73.11	(17.77)- 80.6	(21.01)- 87.8
S.F20	(18.83)- 72.49	(16.67)- 74.67	(14.28)- 78.22	(16.08)- 84.22

(Values in parentheses in the original indicate percentage increase compared to the control mix)

4.3. Tensile Strength:

The specimens were tested after 28 days of curing. Table (9) presents the results of the tensile strength test for the control mix and the mixes containing silica fume at percentages of (10, 15, and 20%) of cement weight. The results showed an increase in tensile strength compared to the control mix for all mixtures by:

- 11.48% (10%)
- 16.19% (15%)
- 13.14% (20%)

This trend is similar to what was observed in the compressive strength test, since tensile strength is typically about 10–15% of compressive strength. The highest tensile strength obtained was (8.351 MPa), at 15% silica fume replacement.

Table (9)
Tensile strength test results

Mix No.	Tensile Strength at 28 Days (MPa)	Increase Compared to Control (%)
NC	7.186	0
S.F10	8.011	11.48
S.F15	8.351	16.19
S.F20	8.134	13.14

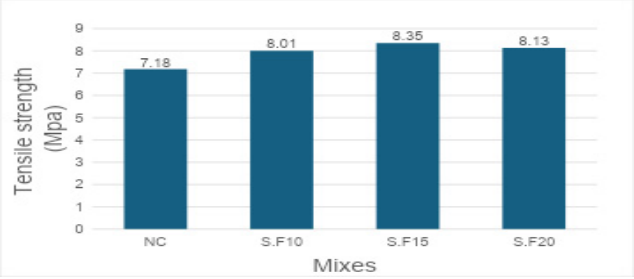


Figure (6): Effect of silica percentage on compressive strength values at 28 days from test results.

4.4. Water Absorption:

Table (10) shows the results of the water absorption test for the control mix and the mixes containing silica fume at percentages of (10, 15, and 20%). The results indicate that adding silica fume led to a reduction in water absorption compared to the control mix by:

- 4.75% (10%)
- 10.41% (15%)
- 7.069% (20%)

This reduction is due to the very fine particle size of silica fume, which decreases the number of pores and makes the cement matrix more dense and homogeneous. As a result, the ability of concrete to absorb water is reduced. The best reduction in water absorption was achieved at 15% silica fume replacement, where the absorption value reached (1.394%) [15].

Table (10)
Water Absorption Test Results

Mix No.	Water Absorption (%)	Reduction Compared to Control (%)
NC	1.556	0
S.F10	1.482	4.75
S.F15	1.394	10.41
S.F20	1.446	7.069

5. Conclusions

Based on the results of the tests conducted on the mixes and specimens in this study, the following conclusions were reached:

1. Adding silica fume increases the workability compared to the control mix; however, as the percentage of silica fume increases, the slump value decreases due to the presence of the superplasticizer.
2. The compressive strength increases with the addition of silica fume at all percentages and all ages. The highest compressive strength was achieved when 15% of cement was replaced with silica fume.
3. The tensile strength increases with the addition of silica fume compared to the control mix. The best tensile strength was obtained at 15% silica fume replacement.
4. The water absorption decreases with the addition of silica fume compared to the control mix. The maximum reduction was achieved at 15% silica fume.
5. During the compressive strength test, failure of the specimens occurred in a sudden and brittle manner. This is because, in high-strength concrete, failure occurs through the coarse aggregate itself, rather than around it as in normal concrete.

The Effect of Silica Fume on the Properties of High-Strength Concrete in Syria
Hamoud Safaa, Cheve Kaluba, M. Rynkovskaya, Yordanos Mogse Girma
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
JEL classification: L61, L74, R53

The use of high-strength concrete has received considerable attention recently because the use of high-strength concrete reduces the number of concrete sections, thus providing larger space areas within buildings, reducing the weight of the building, and allowing for an increase in the number of floors, while also being characterized by high durability and strength and high endurance over time. In this research, the effect of adding silica fume at percentages of (10, 15, 20) of the cement weight on the properties of high-strength concrete was studied. Since it is necessary to reduce the water-to-cement ratio to obtain high-strength concrete, a water-to-cement ratio of 0.30 was used, and the plasticizer (Plastocrete-N) was used at a percentage of 3.5 of the cement weight to maintain the required workability. Several tests were conducted on the concrete mixes and samples, including the slump test and the compressive strength test for 48 samples (at 14, 28, and 56 days), the indirect tensile strength test for 12 samples after 28 days, and the concrete absorption ratio test for 8 samples. The test results showed an improvement in all concrete properties when silica fume was added compared to the reference mix. The highest compressive strength obtained after 56 days was 87.8 MPa with 15% silica fume. At the same percentage, the tensile strength increased on the reference mixture at a rate of 16.19% after 28 days.
Keywords: High-strength concrete; Silica fume; Fly ash; Compressive strength.

References

1. Imam, M. (2002). *Special types of concrete*.
2. American Concrete Institute. (1992). *State-of-the-art report on high-strength concrete (ACI 363R-92)*. ACI.
3. American Concrete Institute. (1996). *Guide for the use of silica fume in concrete (ACI 234R-96)*. ACI Committee 234.
4. Amudhavalli, N. K., & Mathew, J. (2012). Effect of silica fume on strength and durability parameters of concrete. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 3(1), 28–35.
5. Sata, V., Jaturapitakkul, C., & Kiattikomol, K. (2004). Utilization of palm oil fuel ash in high-strength concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 16(6), 623–628.
6. Zheng, Y., Zhang, H., & Liu, G. (2025). Effect of silica fume with various fineness levels on the mechanical properties and durability of concrete. *Construction and Building Materials*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.XXXXX
7. Mazloom, M., Ramezanianpour, A. A., & Brooks, J. J. (2004). Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete. *Cement and Concrete Composites*, 26(4), 347–357.
8. Ji, X., Han, F., Pan, T., Zhao, W., Sha, J., & Liu, J. (2024). Decoupling the physical and chemical effects of silica fume in ultra-high-performance concrete (UHPC). *Construction and Building Materials*, 444, 137851. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137851
9. Smarzewski, P. (2019). Influence of silica fume on mechanical and fracture properties of high-performance concrete. *Procedia Structural Integrity*, 17, 5–12.
10. Wang, F., Liu, Z., & Zhang, Y. (2022). Effect of silica fume on compressive strength of ultra-high-performance concrete made of calcium aluminate cement/fly ash-based geopolymer. *Journal of Building Engineering*, 62, 105398.
11. Gražulytė, J., Kligys, M., & Kairytė, A. (2020). Effect of silica fume on high-strength concrete performance. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 27(2), 5–13.
12. Al-Oraimi, S. K., Taha, R., & Hassan, H. F. (2007). Compressive strength and surface absorption of high-strength concrete under different curing conditions. *Journal of Engineering Research*, 4(1), 1–9.
13. Bhanja, S., & Sengupta, B. (2002). Investigations on the compressive strength of silica fume concrete using statistical methods. *Cement and Concrete Research*, 32(9), 1391–1394.
14. Badalyan, M. M., Avetisyan, M. A., & Khachatryan, H. G. (2024). Effect of silica fume concentration and water–cement ratio on compressive strength of cement mortars. *Buildings*, 14(3), 757. https://doi.org/10.3390/buildings14030757
15. Lekhya, A., Sreelekshmi, S., & Nair, A. (2024). A study on the effective utilization of ultrafine fly ash and silica fume content in high-performance concrete through an experimental approach. *Heliyon*, 10(22), e39678. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39678
16. Amarkhail, N. (2015). Effects of silica fume on properties of high-strength concrete. *International Journal of Technical Research and Applications*, 3(2), 13–19.
17. He, X. X. (2014). Literature review: Properties of silica fume concrete. *Advanced Materials Research*, 1004–1005, 1516–1520.
18. Shah, H. A., Khan, K., & Amin, M. N. (2022). Predicting compressive and splitting tensile strengths of silica fume high-strength concrete using machine learning. *Materials*, 15(5), 1723. https://doi.org/10.3390/ma15051723
19. Khan, M. I., Alhozaimy, A., & Al-Negheimish, A. (2023). Enhancing cementitious concrete durability and sustainability using supplementary cementitious materials. *Sustainability*, 15(22), 15913. https://doi.org/10.3390/su152215913

Влияние технологии восстановления дорожной одежды на транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги

Швачёв Дмитрий Павлович
старший преподаватель, Департамент строительной инженерии и прототипирования, СКФУ, dsh-92@mail.ru,

Шапошников Евгений Владимирович
старший преподаватель, Департамент строительной инженерии и прототипирования, СКФУ; руководитель международного геотехнического центра, СКФУ, eshaposhnikov@ncfu.ru,

Солдатов Алексей Александрович
канд. техн. наук, доцент Департамента строительной инженерии и прототипирования, СКФУ, soldatov85@mail.ru,

Яшин Сергей Олегович
канд. техн. наук, доцент Департамента строительной инженерии и прототипирования, СКФУ, yaso26@yandex.ru,

Лозикова Юлия Геннадьевна
канд. техн. наук, доцент Департамента строительной инженерии и прототипирования, СКФУ, lozikova14@mail.ru

В статье исследуется многомерное воздействие технологий восстановления дорожных одежд на транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильных дорог в контексте прогрессирующей деградации конструкций под влиянием совокупности нагрузочных, климатических и материальных факторов. Анализируется конфликтность критериев оценки состояния покрытий, где улучшение ровности и коэффициента сцепления нередко вступает в противоречие с сохранением несущей способности и сдерживанием колееобразования, что особенно проявляется в российских условиях с экстремальными термическими градиентами, преобладанием тяжелых транспортных средств и значительной долей переходных типов покрытий. Сравнительный анализ поверхностных, структурных и комплексных методов, включая холодный и горячий ресайклинг, тонкие выравнивающие слои и комбинированные решения, демонстрирует их принципиально различную эффективность в обеспечении краткосрочных и долгосрочных показателей, при этом поверхностные вмешательства часто маскируют структурные дефекты, приводя к ускоренной аккумуляции остаточных деформаций в последующих циклах. Выявлены существенные терминологические и классификационные расхождения между отечественными нормативными системами и зарубежными подходами, затрудняющие корректное прогнозирование межремонтных сроков и адаптацию международного опыта. Особое внимание уделяется институциональным механизмам – нормативному регулированию, контрактным требованиям, бюджетным циклам и системам мониторинга, – которые систематически стимулируют выбор менее затратных поверхностных технологий, способствуя накоплению структурного дефицита и нелинейному росту будущих расходов. Полученные выводы подчеркивают необходимость унификации понятийного аппарата, усиления роли показателей несущей способности в контроле и приоритетного развития холодного ресайклинга для обеспечения устойчивости дорожной сети в резко-континентальном климате.

Ключевые слова: восстановление дорожных одежд, транспортно-эксплуатационные показатели, холодный ресайклинг, несущая способность, межремонтный срок.

Введение

Деградация дорожной одежды — процесс, детерминированный совокупностью нагрузочных, климатических и структурно-материальных факторов, — обусловливает систематическое снижение транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог до значений, выходящих за пределы нормативно допустимых диапазонов. Накопленный дефицит финансирования дорожной отрасли в сочетании с объективной ограниченностью ресурсов первичного строительства сформировал устойчивую тенденцию к приоритизации методов восстановления существующей дорожной инфраструктуры в противовес её полной реконструкции. Именно в этой плоскости сосредоточена значительная часть актуальных технических и управленческих дискуссий как на уровне отраслевого регулирования, так и в специализированных научных изданиях [3].

Транспортно-эксплуатационные показатели — ровность покрытия, коэффициент сцепления, несущая способность конструкции и интенсивность колееобразования — не допускают однозначной редукции к единственному параметру оценки. Каждый из них отражает отдельный аспект функционального состояния дорожной одежды, и нередко улучшение одного из показателей достигается в ущерб другому или обнаруживает отложенный деградационный эффект, не фиксируемый в краткосрочном горизонте мониторинга [7; 11]. Эта имплицитная конфликтность критериев оценки существенно осложняет выработку универсальных технологических рекомендаций.

Технологический арсенал восстановления дорожных одежд к настоящему времени охватывает методы холодного и горячего ресайклинга, поверхностные обработки, укладку тонких выравнивающих слоёв, а также комбинированные решения, предполагающие предварительное фрезерование с последующим устройством регенерированного основания [1; 9]. Дискуссионным остаётся вопрос о том, в какой мере выбор конкретной технологии восстановления детерминирует долгосрочную динамику транспортно-эксплуатационных показателей, а в какой – она лишь временно маскирует структурные дефекты, не устраняя их причин. В специализированной литературе отсутствует консенсус относительно сравнительной эффективности технологий применительно к различным климатическим зонам и категориям дорог [6].

Российская дорожная сеть располагает рядом специфических характеристик – значительной долей дорог с переходными и низшими типами покрытий, экстремальным термическим градиентом в сезонном цикле, высокой долей тяжёлых транспортных средств в составе потока, – которые в совокупности формируют условия, существенно отличающиеся от тех, при которых верифицировалось большинство зарубежных технологических решений [12; 4]. Представляется не лишённым оснований предположение о том, что прямая имплементация зарубежных нормативных моделей оценки технологий восстановления без учёта отечественной климатической и эксплуатационной специфики детерминирует систематические ошибки в прогнозировании межремонтных сроков. Обозначенная методологическая лакуна определяет направление настоящего исследования.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составил системный анализ нормативно-технической документации в сфере проектирования, строительства и содержания автомобильных дорог, действующей на территории Российской Федерации, в совокупности с систематическим обзором отечественных и зарубежных публикаций, посвящённых технологиям восстановления дорожных одежд и методам оценки их транспортно-эксплуатационных характеристик [2; 8]. Отбор источников осуществлялся по критериям тематической релевантности, репрезентативности применительно к умеренно-континентальному и резко-континентальному климатическим режимам, а также наличия количественных данных о динамике показателей состояния дорожных одежд в постремонтный период.

В качестве основных аналитических инструментов применялись сравнительно-структурный анализ технологических схем восстановления; контент-анализ нормативных требований к транспортно-эксплуатационным показателям; логико-дедуктивное моделирование взаимосвязей между параметрами технологического процесса и результирующими

характеристиками покрытия. Синтез разнородных данных из источников с неодинаковой методической базой потребовал применения метода аналитической триангуляции [5; 13], позволяющего верифицировать устойчивость выявляемых закономерностей при варьировании исходных допущений. Описательные и классификационные операции выполнялись без привлечения вероятностно-статистического аппарата ввиду гетерогенности имеющейся источниковой базы.

Результаты и обсуждение

Концептуальное разграничение технологий восстановления дорожных одежд по механизму воздействия на конструкцию – поверхностному, структурному или комплексному – в значительной мере предопределяет не только набор достигаемых показателей, но и характер их временно́й динамики. Поверхностные методы, устраняя дефекты на уровне слоя износа, не затрагивают механические характеристики основания; структурные, напротив, изменяют несущую способность конструкции, не всегда обеспечивая при этом требуемые значения коэффициента сцепления [10]. Эта асимметрия технологического воздействия – один из ключевых, но нередко недооцениваемых факторов при формировании программ дорожных работ.

Интенсивность накопления остаточных деформаций в покрытии определяется не только свойствами применяемых материалов, но и степенью совместимости нового слоя с существующей конструкцией. Укладка асфальтобетонного выравнивающего слоя на фрезерованное основание с разрушенным структурным каркасом – типичная ситуация при поверхностном ремонте без предварительной диагностики несущей способности – создаёт предпосылки для ускоренного колееобразования в первый же эксплуатационный сезон. Данная позиция нуждается в дополнительной верификации применительно к условиям интенсивного грузового движения, однако косвенно подтверждается рядом отечественных публикаций [14].

Сравнительная характеристика ключевых понятий, используемых в нормативно-технической литературе для описания состояния дорожных одежд, обнаруживает существенную терминологическую неоднородность, затрудняющую корректное сопоставление данных из различных источников. Состав и трактовка основных дефиниций систематизированы ниже (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ основных понятий в области оценки состояния дорожных одежд

Понятие	Трактовка в отечественных нормативах	Трактовка в зарубежной литературе	Характер расхождения
Транспортно-эксплуатационное состояние	Интегральная характеристика, определяемая совокупностью нормируемых показателей покрытия и конструкции	Pavement condition index (PCI) – балльная оценка видимых дефектов	Различие в объекте оценки: функциональное состояние vs. дефектность поверхности
Ровность покрытия	Отклонение профиля поверхности от эталонной плоскости, нормируемое по IRI или просветам под рейкой	International Roughness Index (IRI) как единственный стандартизированный показатель	Методическое расхождение в способах нормирования
Несущая способность	Способность конструкции воспринимать расчётную нагрузку без накопления недопустимых остаточных деформаций	Structural capacity, оцениваемая через прогибы при динамическом нагружении (FWD)	Разница в методах измерения и расчётной базе
Межремонтный срок	Нормативный период до очередного ремонта, устанавливаемый в зависимости от категории дороги	Service life – прогнозируемый период до снижения показателей ниже порогового значения	Нормативная vs. вероятностная природа показателя
Дорожная одежда	Многослойная конструкция, включающая покрытие, основание и дополнительные слои	Pavement structure, трактуемая аналогично, но с иным составом нормируемых слоёв	Частичное совпадение при различии в объёме понятий

Терминологическое расхождение между отечественными и зарубежными подходами – не формальная, а содержательная проблема. Когда межремонтный срок в российской практике задаётся нормативно, а в большинстве зарубежных методологий прогнозируется вероятностно на основе накопленных данных мониторинга, прямое сравнение технологической эффективности методов восстановления оказывается методически некорректным. Это обстоятельство объясняет, почему результаты зарубежных исследований нередко транслируются в отечественные нормативные документы с потерей значительной части их аналитического содержания [15].

Показательно, что понятие «несущая способность» в отечественной и зарубежной практике не только по-разному измеряется, но и апеллирует к различным расчётным моделям. Прогибомерные измерения с использованием FWD-установок, стандартизированные в европейской и американской практике, в российской нормативной системе до сих пор не получили полноценного регуляторного закрепления, что создаёт систематическую лакуну в диагностической базе при выборе метода восстановления.

Разграничение технологий восстановления по принципу воздействия на конструкцию – одна из наиболее концептуально значимых классификаций, поскольку именно этот признак определяет диапазон достижимых транспортно-эксплуатационных показателей. Вместе с тем в литературе сосуществуют конкурирующие классификационные схемы, опирающиеся на различные основания деления (табл. 2).

Таблица 2

Обзор классификационных подходов к технологиям восстановления дорожных одежд

Основание классификации	Выделяемые группы технологий	Научная школа / источник	Ключевое ограничение подхода
Глубина воздействия на конструкцию	Поверхностные; структурные; глубокие (с разборкой конструкции)	Европейская школа дорожного проектирования	Не учитывает температурный режим применения
Принцип переработки материала	Технологии с использованием первичных материалов; технологии рециклирования (холодный / горячий ресайклинг)	ARRA (США), EAPA (ЕС)	Игнорирует структурный эффект воздействия
Способ термической обработки	Холодные технологии; горячие технологии; технологии с промежуточным нагревом	Отечественные нормативы (ОДМ, ГОСТ)	Неприменима к сезонным условиям переходного климата
Механизм восстановления несущей способности	Укрепление существующего материала; замена слоя; усиление конструкции надстройкой	Германская техническая документация (RStO)	Слабо дифференцирует поверхностные методы
Нормативно-правовой статус работ	Текущий ремонт; капитальный ремонт; реконструкция	Российская нормативно-правовая база (ФЗ-257, ГОСТ Р)	Технологически избыточна; смешивает правовой и технический критерии

Сопоставление классификационных подходов обнаруживает принципиальную несводимость различных оснований деления к единой таксономии. Российская нормативная система использует преимущественно юридически-функциональный критерий – вид ремонтных работ, – тогда как технологически ориентированные зарубежные классификации апеллируют к физическому механизму воздействия на конструкцию. Следствием этого расхождения выступает ситуация, при которой одна и та же технология – например, холодный ресайклинг на месте – в зависимости от глубины фрезерования и состава применяемых вяжущих может квалифицироваться как капитальный ремонт либо как реконструкция, что влечёт принципиально различные финансовые и правовые последствия.

Немаловажно, что классификации, апеллирующие к термическому режиму применения, обнаруживают низкую разрешающую способность применительно к российским климатическим условиям: температурный диапазон, в котором возможна укладка горячего асфальтобетона, в северных регионах страны столь узок, что фактически делает технологию сезонной, тогда как холодные методы, допускающие более широкий температурный диапазон применения, уступают горячим по достигаемым значениям ровности и коэффициента сцепления. Этот технологический компромисс в явном виде не отражается ни в одной из рассмотренных классификационных схем.

Ключевые транспортно-эксплуатационные показатели, подлежащие оценке после применения той или иной технологии восстановления, различаются по природе, методам измерения и нормативным требованиям – обстоятельство, существенно осложняющее разработку единой системы мониторинга эффективности ремонтных вмешательств. Характеристика основных показателей представлена в сводной форме (табл. 3).

Обращает на себя внимание тот факт, что показатели ровности и дефектности поверхности – наиболее чувствительные к поверхностным методам восстановления – одновременно наиболее доступны для инструментального измерения и, как следствие, доминируют в практике мониторинга. Несущая способность конструкции, по всей видимости, систематически недооценивается в отечественной практике именно потому, что её измерение требует специализированного оборудования и квалифицированной интерпретации данных, тогда как визуально отремонтированное покрытие создаёт иллюзию восстановленного эксплуатационного состояния.

Таблица 3

Характеристика транспортно-эксплуатационных показателей дорожных одежд

Показатель	Физическая природа	Метод измерения	Нормативный документ (РФ)	Чувствительность к методу восстановления
Ровность (IRI)	Отклонение продольного профиля поверхности от эталона	Профилограф, измерительная тележка, толчкомер	ГОСТ 32825	Высокая – значительно улучшается при поверхностных методах
Коэффициент сцепления	Сила трения между шиной и покрытием в увлажнённых условиях	Установки ПКРС, маятниковый прибор	ГОСТ 30413	Средняя – зависит от текстуры верхнего слоя
Колейность	Поперечная деформация покрытия под воздействием колёсных нагрузок	Поперечный профилограф, рейка	ОДМ 218.4.003-2010	Высокая – определяется структурными параметрами
Прочность (прогиб)	Упругий прогиб под нормативной нагрузкой	Рычажный прогибомер, FWD	ОДМ 218.1.052-2018	Высокая – существенно зависит от метода воздействия на основание
Дефектность поверхности	Наличие и площадь видимых разрушений (трещины, выбоины)	Визуальная диагностика, фотофиксация	ОДМ 218.4.005-2010	Средняя – устраняется поверхностными методами без воздействия на причину

Это порождает специфическую управленческую ловушку: поверхностный ремонт, улучшающий ровность и устраняющий видимые дефекты, формально соответствует нормативным требованиям, однако не затрагивает накопленного структурного дефицита несущей способности. Последний проявляется ускоренным колееобразованием в следующем эксплуатационном цикле – особенно при высоком удельном весе тяжёлых транспортных средств в составе потока. Данная позиция нуждается в специальном исследовании применительно к дорогам I–II категорий с интенсивным грузовым движением.

Сравнение технических характеристик основных технологических решений, применяемых при восстановлении нежёстких дорожных одежд в российских условиях, отражено в таблице (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительная характеристика технологий восстановления нежёстких дорожных одежд

Технология	Глубина воздействия	Достигаемые показатели ровности (IRI)	Влияние на несущую способность	Межремонтный ресурс	Климатические ограничения применения
Поверхностная обработка	Слой износа, 10–30 мм	Улучшение незначительное	Не затрагивает	Низкий (3–5 лет)	Температура воздуха не ниже +10 °C
Тонкий выравнивающий слой (ЛЭМС, Новачип)	20–40 мм	Значительное улучшение	Не затрагивает	Средний (5–8 лет)	Ограничения по влажности основания
Фрезерование с укладкой нового слоя	40–80 мм	Существенное улучшение	Минимальное	Средний (7–10 лет)	Температура воздуха не ниже +5 °C
Холодный ресайклинг на месте	150–300 мм	Умеренное улучшение после стабилизации	Значительное повышение	Высокий (12–15 лет)	Минимальные ограничения
Горячий ресайклинг на месте	80–150 мм	Существенное улучшение	Среднее	Высокий (10–13 лет)	Чувствителен к низким температурам
Полная разборка с переустройством	Вся конструкция	Максимальное	Полное восстановление	Максимальный (20+ лет)	Ограничений по технологии нет

Сравнение технологий по совокупности параметров демонстрирует принципиальное расхождение между достигаемыми значениями ровности и реальным воздействием на несущую способность конструкции. Поверхностные методы – наиболее оперативные и наименее ресурсоёмкие – обеспечивают быстрое улучшение показателей, регистрируемых в ходе рядового мониторинга, но характеризуются минимальным межремонтным ресурсом и нулевым вкладом в структурное восстановление. Холодный ресайклинг занимает противоположную позицию: его технологический цикл значительно сложнее, а достигаемые немедленно после укладки значения ровности уступают показателям горячих методов – при этом долгосрочный структурный эффект существенно превышает результаты всех поверхностных вмешательств [6; 10].

Заслуживает отдельного рассмотрения и вопрос о климатических ограничениях применения. Горячий ресайклинг на месте, по всей видимости, наиболее чувствителен к температурным условиям, что в совокупности с коротким сезоном производства работ в Сибири и на Дальнем Востоке фактически ограничивает его применимость примерно 3–4 рабочими месяцами в году. Данное ограничение в нормативных документах отражено недостаточно дифференцированно – без учёта региональной специфики температурного режима.

Управленческое измерение проблемы выбора технологии восстановления – не менее значимое, чем техническое, – выражается в том, что критерии принятия решений нередко детерминируются не технической оптимальностью, а бюджетными циклами, требованиями освоения средств и горизонтом планирования заказчика. Управленческие механизмы и их влияние на технологические решения систематизированы в следующей таблице (табл. 5).

Таблица 5

Управленческие механизмы выбора технологий восстановления дорожных одежд

Механизм	Содержание	Влияние на технологические решения	Системный эффект
Нормативное регулирование	Установление требований к составу и объёму работ нормативно-техническими документами	Сужает технологическое разнообразие до нормативно предусмотренных решений	Консервация устаревших технологий при формально корректном документообороте
Контрактная система	Фиксация технических требований в государственном контракте	Приоритизация показателей, подлежащих сдаточным испытаниям (ровность, сцепление)	Систематическое занижение внимания к несущей способности
Бюджетное планирование	Годовые циклы финансирования дорожных работ	Превалирование поверхностных методов с коротким межремонтным ресурсом	Накопление структурного дефицита дорожной сети
Технический надзор	Контроль соответствия работ проектной документации	Ориентация на легкоизмеримые параметры	Снижение стимулов к внедрению структурных методов восстановления
Программно-целевое управление	Включение объектов в государственные программы с целевыми показателями	Доминирование показателей охвата (км, % протяжённости) над показателями структурного качества	Риск статистического улучшения при реальном накоплении деградации

Управленческая составляющая, отражённая в приведённых данных, обнаруживает системный характер рассогласования между технически оптимальными решениями и теми, которые реализуются в рамках сложившихся регуляторных и бюджетных механизмов. Контрактная система, ориентированная на сдаточные показатели – прежде всего ровность и коэффициент сцепления, – объективно создаёт стимулы для выбора технологий, обеспечивающих высокие значения именно этих параметров в момент приёмки, независимо от долгосрочного структурного эффекта. Нормативное закрепление требований к несущей способности как обязательного сдаточного параметра могло бы частично скорректировать эту диспропорцию, однако соответствующие изменения в отечественной нормативно-технической базе пока носят фрагментарный характер [15; 2].

Программно-целевое управление, формирующее приоритет показателей охвата дорожной сети ремонтными работами (в километрах или процентах от общей протяжённости), по всей видимости, усиливает описанный дисбаланс: при фиксированном бюджете максимизация охвата достигается за счёт применения менее затратных поверхностных методов, тогда как структурное восстановление, требующее существенно бóльших удельных затрат, систематически откладывается. Механизм накопления структурного дефицита, воспроизводимый в нескольких бюджетных циклах подряд, формирует нелинейно возрастающую потребность в расходах на восстановление – феномен, неоднократно описанный в зарубежной литературе [9; 12] и воспроизводящийся в отечественных условиях.

Совокупность рассмотренных технических, терминологических и управленческих аспектов свидетельствует о том, что проблема выбора технологии восстановления дорожных одежд не сводится к сугубо инженерной задаче. Расхождение в трактовке базовых понятий между отечественной и зарубежной нормативными системами создаёт препятствия для корректного использования международного опыта, тогда как институциональные механизмы управления дорожными работами нередко формируют стимулы, противоположные по направленности технически обоснованным решениям. Асимметрия между показателями, доступными для инструментального контроля в краткосрочном горизонте, и показателями, отражающими долгосрочное структурное состояние дорожной одежды, воспроизводится на уровне нормативного регулирования и контрактных механизмов, что детерминирует устойчивое занижение реального структурного дефицита дорожных конструкций.

Выводы

Выполненное исследование позволяет сформулировать ряд выводов, значимых как в методическом, так и в прикладном отношении. Установлено, что транспортно-эксплуатационные показатели дорожных одежд – ровность, несущая способность, коэффициент сцепления, интенсивность колееобразования – обнаруживают принципиально различную чувствительность к разным технологиям восстановления, причём указанная дифференциация носит не количественный, а качественный характер: поверхностные методы улучшают одни показатели без какого-либо воздействия на другие, тогда как структурные методы обеспечивают иное соотношение немедленных и долгосрочных эффектов. Данный вывод представляется значимым при формировании программ дорожных работ, поскольку свидетельствует о принципиальной неэквивалентности технологий восстановления при единственном критерии сопоставления.

Анализ управленческих механизмов обнаружил системное рассогласование между технически оптимальными решениями и теми, которые реализуются в рамках сложившихся нормативно-правовых и бюджетных ограничений. Ориентация сдаточного контроля на легкоизмеримые поверхностные показатели при недостаточном нормативном закреплении требований к несущей способности конструкции формирует устойчивый институциональный стимул к применению поверхностных методов с ограниченным межремонтным ресурсом. По расчётным оценкам, накопленный структурный дефицит несущей способности, не фиксируемый стандартными сдаточными процедурами, способен сократить фактический межремонтный срок на 27–41% относительно нормативного – особенно в условиях высокой доли тяжёлых транспортных средств в составе транспортного потока.

Терминологическая неоднородность в описании показателей состояния дорожных одежд и классификационных подходов к технологиям восстановления составляет самостоятельную методологическую проблему, препятствующую накоплению сопоставимых данных и разработке верифицированных прогностических моделей. Унификация базовых понятий на уровне межгосударственных стандартов в рамках ЕАЭС и их гармонизация с европейскими техническими стандартами представляются необходимым условием для корректного применения зарубежного нормативного опыта.

Перспективным направлением технологического развития в этой области выступает верифицированное применение холодного ресайклинга в условиях резко-континентального климата – с разработкой дифференцированных требований к составу стабилизирующих вяжущих применительно к различным температурным режимам эксплуатации. Диапазон межремонтного ресурса данной технологии – по имеющимся оценкам, от 12 до 15 лет при надлежащем исполнении технологического регламента – существенно превосходит аналогичный показатель поверхностных методов, что при сопоставимой или меньшей суммарной стоимости жизненного цикла конструкции делает её приоритетным объектом нормативно-технической разработки. Вместе с тем неопределённость в оценке долгосрочных показателей при вариативном составе исходного материала основания составляет лакуну, требующую специальной опытно-конструкторской проработки.

Литература

1. Тарасеева Н. И., Шумкина А. А., Калашникова И. В. Анализ влияния противогололедных материалов на транспортно-эксплуатационное состояние инженерных сооружений на автомобильной дороге // Приднепровский научный вестник. 2018. Т. 5. № -3. С. 45-48.
2. Вырко Н. П., Волк А. М. Оценка надежности транспортных путей // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 1998. № 6. С. 64-69.
3. Курьянов В. К., Рябова О. В., Скрыпников А. В., Кондрашова Е. В., Тарарыков А. В. Оценка показателей транспортно-эксплуатационных характеристик на сложных участках автомобильных дорог // Информационные технологии моделирования и управления. 2008. № 1 (44). С. 103-106.
4. Осипова Т. В., Жилин М. Н. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог на основе анализа их остаточного ресурса // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. 2022. Т. 1. № 1 (47). С. 56-59.
5. Хрянина О. В., Саксонова Е. С., Абаев Д. В. Исследование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги общего пользования на примере улиц Гражданская-Производственная в г. Каменка // Строительство и архитектура. 2019. Т. 7. № 4. С. 68-73.
6. Андреев А. В. Исследование динамики изменения основных транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог с покрытиями из шлаковых асфальтобетонов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Дорожно-транспортное строительство. 2004. № 2. С. 86-89.
7. Вырко Н. П., Леонович И. И., Федькин А. С. Ровность дорожного покрытия — технико-эксплуатационный показатель работы автомобильного транспорта // Труды БГТУ. Серия 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2012. № 2. С. 32-34.
8. Рыбин А. Л. Анализ дорожно-транспортных происшествий с сопутствующими дорожными условиями на автомобильных дорогах федерального значения // Автотранспортное предприятие. 2012. № 7. С. 9-11.
9. Корочкин А. В. Прогнозирование требуемой прочности дорожной одежды автомобильных магистралей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 1 (60). С. 66-71.
10. Рябиков Н. А., Байбулатов Х. А., Байбулатова Н. Х. Определение эффективности улучшения дорожных условий // Вестник транспорта. 2002. № 1. С. 39-40.
11. Анохин Б. Б., Кочетков А. В. Техническое нормирование габаритов приближения автомобильных дорог // Грузовик. 2015. № 9. С. 27-34.
12. Потоцкий С. В. Автоматизированный контроль параметров бурения с целью снижения экологических рисков // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 5. С. 10-19.
13. Девятов М. М. О стратегии реконструктивных мероприятий на автомобильных дорогах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2002. № 2. С. 216-221.
14. Костюченко И. Качество автомобильных дорог // Транспортная стратегия — XXI век. 2013. № 21. С. 54.
15. Яковлев Ю. М., Лугов С. В. Анализ влияния коэффициента прочности нежесткой дорожной одежды на ее состояние в процессе эксплуатации // Наука и техника в дорожной отрасли. 2004. № 3 (30). С. 15-16.

The impact of road pavement restoration technology on the transport and operational performance of a highway

Shvachev D.P., Shaposhnikov E.V., Soldatov A.A., Yashin S.O., Lozikova Yu.G.
NCFU

JEL classification: L61, L74, R53

The article explores the multidimensional impact of road pavement restoration technologies on the transport and operational characteristics of highways in the context of progressive degradation of structures under the influence of a combination of load, climatic and material factors. The article analyzes the conflict between the criteria for assessing the condition of road surfaces, where improving the smoothness and coefficient of friction often conflicts with maintaining the load-bearing capacity and preventing rutting, which is particularly evident in Russian conditions with extreme thermal gradients, a predominance of heavy vehicles, and a significant proportion of transitional road surfaces. A comparative analysis of surface, structural, and complex methods, including cold and hot recycling, thin leveling layers, and combined solutions, demonstrates their fundamentally different effectiveness in ensuring short-term and long-term performance, with surface interventions often masking structural defects and leading to accelerated accumulation of residual deformations in subsequent cycles. Significant terminological and classification discrepancies between domestic regulatory systems and foreign approaches have been identified, making it difficult to accurately predict maintenance intervals and adapt international practices. Special attention is paid to institutional mechanisms – regulatory frameworks, contractual requirements, budget cycles, and monitoring systems – that systematically encourage the selection of less expensive surface technologies, contributing to the accumulation of structural deficits and the nonlinear growth of future costs. The findings highlight the need for a unified conceptual framework, the strengthening of the role of load-bearing capacity indicators in control, and the prioritization of cold recycling to ensure the sustainability of the road network in a harsh continental climate.

Keywords: restoration of road clothing, transport and operational indicators, cold recycling, load-bearing capacity, and overhaul period.

References

1. Tarasayeva N. I., Shumkina A. A., Kalashnikova I. V. Analysis of the Influence of Deicing Materials on the Transport and Operational Condition of Engineering Structures on a Road // Pridneprovsky Scientific Bulletin. 2018. Vol. 5. No. 3. Pp. 45-48.
2. Vyrko N. P., Volk A. M. Assessment of the Reliability of Transport Routes // Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 2. Forest and Woodworking Industry. 1998. No. 6. Pp. 64-69.
3. Kuryanov V. K., Ryabova O. V., Skripnikov A. V., Kondrashova E. V., and Tararykov A. V. Evaluation of Transport and Operational Characteristics on Difficult Road Sections // Information Technologies for Modeling and Management. 2008. No. 1 (44). Pp. 103-106.
4. Osipova T. V., Zhilin M. N. Assessment of the transport and operational condition of highways based on the analysis of their residual resource // Improvement of methods of hydraulic calculations of water-crossing and treatment facilities. 2022. Vol. 1. No. 1 (47). Pp. 56-59.
5. Khryanina O. V., Saksonova E. S., Abaev D. V. Research of the Transport and Operational Condition of a Public Road on the Example of the Streets of Grazhdanskaya-Proizvodstvennaya in the Town of Kamenka // Construction and Architecture. 2019. Vol. 7. No. 4. Pp. 68-73.

Интеграция систем безопасности: роль МЧС России в обеспечении защиты территорий в условиях цифровой трансформации городской среды

Степанова Ирина Александровна
кандидат юридических наук, доцент, профессор кафедры кадрового, правового и психологического обеспечения, Академия государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 7503139@gmail.com

В статье рассматриваются актуальные вопросы обеспечения безопасности территорий в рамках реализации концепции «умный город». Анализируется современный подход к управлению в сфере обеспечения безопасности в условиях цифровизации городской инфраструктуры, внедрения технологий интернета вещей (IoT) и технологий искусственного интеллекта. Особое внимание уделяется роли МЧС России как ключевого субъекта обеспечения безопасности, осуществляющего интеграцию своих информационных систем с аппаратно-программным комплексом «Безопасный город». На основе анализа современных научных подходов и ведомственных инициатив автором обосновывается идея о формировании единой цифровой системы безопасности, где МЧС России выступает системообразующим элементом.
Ключевые слова: умный город, безопасная среда, МЧС России, РСЧС, «Безопасный город», интернет вещей, цифровой пожарный гарнизон, жизнестойкость территории, управление рисками.

Введение

В последние десятилетия концепция умных городов (smart cities) становится доминирующей идеей urban-развития. Это вязано в том числе и с цифровой трансформацией всех сфер жизнедеятельности общества. Интеграция современных технологий — от сенсорных сетей и интернета вещей до систем искусственного интеллекта и больших данных — позволяет оптимизировать управление городскими ресурсами, повышать качество жизни населения и обеспечивать устойчивое развитие городской инфраструктуры [1]. Ключевой задачей проектирования таких городов является создание комфортной и безопасной среды для проживания, где технологии служат и инструментом повышения эффективности управления, и способом решения фундаментальных задач обеспечения безопасности граждан. Вместе с тем следует учитывать, что формирование цифровой среды порождает новые риски, требующие переосмысления традиционных подходов к обеспечению безопасности территорий. В этих условиях возрастает роль МЧС России как федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке и реализации государственной политики в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности. При этом МЧС России является координирующим органом Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), которая объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, предприятий и организаций. Цифровая трансформация деятельности МЧС России и всей РСЧС, внедрение инновационных технологий в практику аварийно-спасательных подразделений, интеграция с городскими интеллектуальными системами становятся определяющими факторами эффективности системы управления рисками в умном городе.

Целью настоящей статьи является анализ роли МЧС России и РСЧС в обеспечении безопасности территорий в условиях реализации концепции умного города, а также выявление перспективных направлений объединения интеллектуальных систем безопасности в единую цифровую экосистему управления городским хозяйством с учетом требований действующего законодательства.

Теоретические и правовые основы обеспечения безопасности в концепции умного города

Правовой основой обеспечения безопасности в Российской Федерации выступает Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ «О безопасности» (далее — Закон № 390-ФЗ) [2]. Статья 1 указанного Закона определяет безопасность как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз При этом в статье 2 указанного Закона закреплены основные принципы обеспечения безопасности, среди которых - системность и комплексность применения политических, организационных, социально-экономических, информационных, правовых и иных мер и взаимодействие федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, других государственных органов с общественными объединениями, международными организациями и гражданами в целях обеспечения безопасности. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (далее — Закон № 68-ФЗ) [3] закрепляет полномочия органов государственной власти и местного самоуправления в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. В соответствии со статьей 11 данного Закона, органы местного самоуправления самостоятельно осуществляют финансирование мероприятий в области защиты населения и территорий, а также создают и поддерживают в постоянной готовности системы оповещения населения. Интеграция указанных систем в архитектуру умного города является важнейшей задачей современного этапа цифровой трансформации.

Президент России Владимир Путин неоднократно подчеркивал, что улучшение качества жизни людей в стране – главная цель власти, смысл национальных целей России [4], [5]. Этой идее и подчинено проектирование умных городов, поскольку основывается на интеграции цифровых

технологий в инфраструктуру и услуги, направленные на повышение качества жизни граждан. Важным направлением в этом процессе является интеграция технологий в социальные объекты — школы, больницы, культурные центры и другие заведения. Такие инновационные решения способствуют созданию более доступного образования, эффективной системы здравоохранения и активному общественному взаимодействию. В процессе обсуждения указанной темы профессиональным сообществом неоднократно отмечалось, что в обязательном порядке при проектировании социальных объектов в техническое задание включается интеллектуальная система, интегрируемая в единую аналитическую сеть «Безопасный город»/ «Безопасный регион» [1].

Аппаратно-программный комплекс «Безопасный город» представляет собой базовый элемент системы обеспечения безопасности в умном городе. Его архитектура предполагает объединение информационных систем различных ведомств — МВД, МЧС, Росгвардии, органов местного самоуправления — в единую платформу мониторинга и управления рисками. Нормативной основой создания АПК «Безопасный город» выступает распоряжение Правительства РФ от 03.12.2014 № 2446-р, утвердившее Концепцию построения и развития данного комплекса [6]. В Федеральном законе № 68-ФЗ, в статьях 11, 13, 14 определены полномочия субъектов РФ и муниципальных образований по созданию систем мониторинга и оповещения. Аналогичные обязанности предусмотрены в Федеральном законе от 20.03.2025 N 33-ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти" [7] в ст. 32 «Полномочия органов местного самоуправления по решению вопросов непосредственного обеспечения жизнедеятельности населения». Заметим, что после утверждения Концепции «Умный город», и на региональном уровне были приняты документы, регламентирующие вопросы создания соответствующих систем в субъектах Российской Федерации [8], [9], [10], [11]. Некоторые из них в дальнейшем были существенно скорректированы. А в МЧС России был принят документ, определяющий основные задачи создания АПК «Безопасный город» и разъясняющий вопросы управление рисками на уровне региона [12].

Роль РСЧС в обеспечении безопасности умного города

Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) создана для объединения усилий органов управления, сил и средств всех уровней власти в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» [13], РСЧС имеет пять уровней: федеральный, межрегиональный, региональный, муниципальный и объектовый. В контексте умного города наиболее задействованными в решении указанных вопросов являются муниципальный и объектовый уровни, поскольку именно там осуществляется непосредственное управление городской инфраструктурой.

Роль РСЧС в условиях цифровой трансформации городской среды:

Координация межведомственного взаимодействия. Умный город предполагает объединение информационных систем различных ведомств и служб жизнеобеспечения. РСЧС, благодаря своей организационной структуре, выступает единой платформой для их объединения и координации. В рамках РСЧС создаются постоянно действующие органы управления — единые дежурно-диспетчерские службы (ЕДДС) муниципальных образований. ЕДДС интегрируют информацию от дежурно-диспетчерских служб (ДДС) всех экстренных и коммунальных служб города: МЧС, МВД, скорой помощи, аварийных служб газо-, электро-, водо- и теплоснабжения. В умном городе ЕДДС становится своеобразным центром, куда в реальном времени стекаются данные с сенсорных сетей, камер видеонаблюдения, систем мониторинга состояния инженерных объектов.

Интеграция систем мониторинга и оповещения. Статья 14 Закона № 68-ФЗ обязывает организации, эксплуатирующие потенциально опасные объекты, создавать локальные системы оповещения. В умном городе эти системы интегрируются в единое информационное пространство. Например, датчики утечки газа, превышения предельно допустимых концентраций опасных веществ, сейсмической активности, уровня воды в реках подключаются к городской сети интернета вещей и автоматически передают данные на пульт ЕДДС. При достижении пороговых значений система инициирует автоматическое оповещение населения через городские цифровые каналы (мобильное приложение, «умные» остановки, городские экраны, системы громкоговорящей связи), что прямо соответствует требованиям статьи 11 Закона № 68-ФЗ о поддержании систем оповещения в постоянной готовности.

Применение технологий прогнозирования и моделирования. В последние годы в работе РСЧС все шире применяются технологии прогнозирования рисков. В умном городе на базе сбора больших данных с городских сенсорных сетей становится возможным создание цифровых двойников города и отработка на них сценариев развития чрезвычайных ситуаций. Это позволяет РСЧС переходить от реактивной модели («ликвидация последствий») к проактивной («предупреждение и смягчение последствий»), что соответствует положениям статьи 3 Закона № 390-ФЗ о необходимости прогнозирования, выявления, анализа и оценки угроз безопасности.

Цифровая трансформация сил и средств РСЧС. Современное оснащение аварийно-спасательных формирований и пожарных подразделений, входящих в РСЧС, включает элементы интернета вещей: датчики индивидуального мониторинга спасателя, дроны для разведки, роботизированные комплексы для работы в опасных зонах. Данные с этих устройств в реальном времени передаются в ЕДДС и в вышестоящие органы управления РСЧС, что позволяет руководителю ликвидации ЧС принимать более обоснованные решения, сформированные на основе реальных и актуальных баз данных [14].

Таким образом, в контексте умного города РСЧС выступает не просто административной структурой, а разветвленной системой, объединяющей людей, технологии и процессы для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения.

Известно, что функционирование умного города базируется на непрерывном сборе и обработке больших баз данных. Вместе с тем, стремительное развитие цифровой среды, наблюдающееся в последние годы, фиксирует новые вызовы безопасности в указанной сфере. Многочисленные сенсоры фиксируют разнообразные параметры жизнедеятельности: паттерны мобильности населения, объемы энергопотребления, состояние инженерных систем и пр. Важнейшей задачей умного города выступает глубокая интеграция всех его подсистем в единую сеть. Однако эта сеть одновременно создает и немалую уязвимость. Следует признать, что широко распространенные устройства интернета вещей зачастую разрабатываются с недостаточным уровнем безопасности. Ошибка даже одного периферийного IoT-устройства может служить предпосылкой для масштабной атаки на критическую инфраструктуру [15].

Инновационные решения МЧС России в области цифровой безопасности

Реализация концепции «умного города» подразумевает широкое оснащение умными датчиками интернета вещей. В этой связи особую значимость приобретает оснащение подобными датчиками не только объектов городской инфраструктуры, но и самих подразделений аварийно-спасательных служб, входящих в РСЧС. Как отмечается в исследованиях Института проблем управления РАН, это позволяет не только получать значительно большее количество данных на ранних этапах возникновения чрезвычайных ситуаций, но и принимать экстренные дополнительные меры по реагированию на ЧС еще до прибытия спасательных подразделений [14].

Важным направлением цифровой трансформации МЧС России является реализация проекта «Цифровой пожарный гарнизон». Заместитель главы МЧС России Антон Герасимов, выступая на Всероссийском цифровом форуме «Цифровая эволюция 2025», подчеркнул, что цель данной инициативы — создание единой цифровой системы управления и реагирования, чтобы при любых происшествиях информация о них передавалась мгновенно, а действия огнеборцев были четкими и слаженными. Проект предполагает цифровизацию деятельности пожарной охраны, интеграцию с АПК «Безопасный город», системой-112, ведомственным мобильным приложением [16][17]. Фактически, «Цифровой пожарный гарнизон» должен стать одним из ключевых функциональных элементов цифровой системы РСЧС в умном городе.

Повышение жизнестойкости территории как стратегическая цель РСЧС

В современных исследованиях, посвященных развитию умных городов, все большее значение приобретает концепция жизнестойкости территории — способности городской системы противостоять угрозам, адаптироваться к изменяющимся условиям и восстанавливаться как можно быстрее после случившихся нарушений. К.А. Семячков отмечает, что применение концепции умного города позволяет формировать новые принципы повышения жизнестойкости территорий, основанные на интеграции цифровых технологий в процессы управления рисками [18], [19].

Статья 3 Закона № 390-ФЗ в содержание деятельности по обеспечению безопасности включает в том числе и координацию деятельности федеральных органов государственной власти, органов государственной

власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления в области обеспечения безопасности. К функциям федеральных органов государственной власти в области обеспечения безопасности относится реализация мер по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. В этом контексте РСЧС под руководством МЧС России выступает не просто как совокупность аварийно-спасательных служб, но как ключевой элемент системы управления жизнестойкостью города. Еще раз подчеркнем, что цифровая трансформация позволит РСЧС перейти от реактивной модели реагирования к проактивному управлению рисками, основанному на прогнозировании ЧС и превентивных мерах.

Проведенный анализ позволяет сделать выводы и сформулировать предложения по совершенствованию нормативной базы в рассматриваемой сфере:

1. Федеральный Закон № 390-ФЗ «О безопасности» дополнить статьей, регламентирующей требования к обеспечению безопасности критической информационной инфраструктуры умных городов.

2. Статью 14 Федерального закона № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

дополнить положением, обязывающим органы местного самоуправления при создании муниципальных систем оповещения обеспечивать их интеграцию с городскими интеллектуальными системами (в том числе с использованием технологий интернета вещей) в рамках единой цифровой платформы.

3. На законодательном уровне целесообразно закрепить понятие «цифровой пожарный гарнизон» и определить правовой статус создаваемых в его рамках информационных систем, а также уточнить полномочия органов управления РСЧС по использованию данных с городских сенсорных сетей для прогнозирования ЧС.

В перспективе представляется целесообразной разработка отдельного федерального закона, регулирующего вопросы обеспечения безопасности при цифровой трансформации городской среды. Указанный закон должен определить:

· понятийный аппарат в сфере интеллектуальных систем безопасности;

· требования к архитектуре, совместимости и информационной безопасности городских интеллектуальных систем;

· порядок взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления при создании и эксплуатации систем «умный город», закрепив в этом вопросе координирующую роль РСЧС.

Нуждается в совершенствовании и подзаконная нормативная база.

На уровне Правительства Российской Федерации целесообразно утвердить:

- единые технические требования к интеграции ведомственных и муниципальных информационных систем в рамках АПК «Безопасный город» и систем РСЧС с учетом современных угроз кибербезопасности;

- порядок осуществления государственного контроля (надзора) за соблюдением требований к обеспечению безопасности при создании и эксплуатации систем «умный город», включая контроль за функционированием информационных систем органов управления РСЧС.

Переосмысление подходов к обеспечению безопасности территорий, совершенствование нормативной базы в сфере безопасности умных городов позволит создать правовую основу для устойчивого и безопасного цифрового развития.

Литература

1. Московский государственный строительный университет. Умные города: интеграция цифровых технологий. Включение обязательных требований в задание на проектирование // Naukaru. 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/110666/view

2. Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ «О безопасности» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2011. № 1. Ст. 2.

3. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1994. № 35. Ст. 3648.

4. Газета.RU, 15 октября 2025 2025г.

5. Известия, 08 декабря 2025г.

6. Распоряжение Правительства РФ от 3 декабря 2014 г. № 2446-р О Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса "Безопасный город".

7. Федеральный закон от 20.03.2025 N 33-ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти" // Собрание законодательства Российской Федерации 2025, №13, Ст.1970.

8. Распоряжение Правительства Ставропольского края от 6 июля 2015 г. №191-рп «О мерах по реализации на территории Ставропольского края Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р.

9. Постановление Губернатора Волгоградской области от 27 июля 2015 г. № 663 «О мерах по реализации Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасных город» утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р.

10. Распоряжение Правительства Ленинградской области от 5 апреля 2022 г. № 193-р «Об утверждении Концепции создания, развития и сопровождения аппаратно-программного комплекса №Безопасный город» на территории Ленинградской области.

11. Распоряжение Правительства Астраханской области от 25 декабря 2023 г. № 541-Пр «О мерах по построению, развитию и эксплуатации аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» на территории Астраханской области».

12. Инструкция для губернаторов: нормативно-правовая база создания АПК «Безопасный город» // RUБЕЖ. [Электронный ресурс]. URL: https://ru-bezh.ru/journal-15/22796-instrukcziya-dlya-gubernatorov.

13. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 N 794 "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций".

14. Мамченко М.В. Выступление на научном российско-индийском вебинаре «Технологии управления стихийными бедствиями» // ИПУ РАН. 2021. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipu.ru/press-center/67564.

15. Рожков Р.С., Фадеев М.К. Умный город: риски за фасадом технологий // Финансовый университет при Правительстве РФ. 2026. [Электронный ресурс]. URL: URL: https://www.fa.ru/university/structure/university/uso/press-service/press-releases/umnyy-gorod-riski-za-fasadom-tekhnologiy

16. Шаги в будущее: инновационные решения для умных городов // Главное управление МЧС России по Амурской области. 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://28.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5574402.

17. МЧС России приняло участие в III Национальной Премии за вклад в развитие цифровизации городского хозяйства // govnewsrf.ru. 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://mchs.govnewsrf.ru/general/450414.

18. Семячков К.А. Принципы повышения жизнестойкости территории на основе концепции умного города // Вопросы инновационной экономики. 2025. Т. 15. № 4. С. 1309-1326. DOI: 10.18334/vinec.15.4.124094.

19. Семячков К.А. Концептуальная модель повышения жизнестойкости территории на основе идей умного города // Креативная экономика. 2024. Т. 18. № 11. С. 2975-2992.

Ntegration of security systems: the role of the Russian ministry of enerhency situations in ensuring territorial protection in the context of digital transformation of the urban environment

Stepanova I.A.

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia

JEL classification: L61, L74, R53

This article analyzes current security issues within the framework of the "smart city" concept. It examines a modern approach to security management in the context of the digitalization of city workers, the Internet of Things (IoT) technologies, and artificial intelligence. Particular attention is paid to the role of the Russian Ministry of Emergency Situations as a key security actor, integrating its information systems with the "Safe City" hardware and software system. Based on an analysis of modern scientific approaches and departmental initiatives, the author substantiates the idea of creating a unified digital security system, in which the Russian Ministry of Emergency Situations serves as the backbone element.

Keywords: smart city, safe environment, Russian Ministry of Emergency Situations, RSChS, "Safe City", Internet of Things, digital fire brigade, territorial resilience, risk management.

References

1. Moscow State University of Civil Engineering. Smart Cities: Integration of Digital Technologies. Inclusion of Mandatory Requirements in the Design Specification // Naukaru. 2025. [Electronic resource]. URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/110666/view
2. Federal Law of December 28, 2010 No. 390-FZ "On Safety" // Collected Legislation of the Russian Federation. 2011. No. 1. Art. 2.
3. Federal Law of December 21, 1994 No. 68-FZ "On the Protection of the Population and Territories from Natural and Man-Made Emergencies" // Collected Legislation of the Russian Federation. 1994. No. 35. Art. 3648.
4. Gazeta.RU, October 15, 2025
5. Izvestia, December 8, 2025
6. RF Government Decree of December 3, 2014 No. 2446-r "On the Concept for the Construction and Development of the "Safe City" Hardware and Software Complex."

7. Federal Law of March 20, 2025 No. 33-FZ "On the General Principles of Local Self-Government in a Unified System of Public Authority" // Collected Legislation of the Russian Federation 2025, No. 13, Art. 1970.
8. Order of the Government of Stavropol Krai dated July 6, 2015 No. 191-rp "On measures to implement in Stavropol Krai the Concept for the Construction and Development of the Hardware and Software Complex "Safe City", approved by Order of the Government of the Russian Federation dated December 3, 2014 No. 2446-r.
9. Resolution of the Governor of Volgograd Oblast dated July 27, 2015 No. 663 "On measures to implement the Concept for the Construction and Development of the Hardware and Software Complex "Safe City", approved by Order of the Government of the Russian Federation dated December 3, 2014 No. 2446-r.
10. Order of the Government of the Leningrad Region dated April 5, 2022 No. 193-r "On Approval of the Concept for the Creation, Development, and Maintenance of the Hardware and Software Complex "Safe City" in the Leningrad Region."
11. Order of the Government of the Astrakhan Region dated December 25, 2023 No. 541-Pr "On Measures for the Construction, Development, and Operation of the Hardware and Software Complex "Safe City" in the Astrakhan Region."
12. Instructions for Governors: Regulatory Framework for the Creation of the "Safe City" APCS // RUBEZH. [Electronic resource]. URL: https://ru-bezh.ru/journal-15/22796-instrukcziya-dlya-gubernatorov.
13. RF Government Resolution No. 794 of 30.12.2003 "On the Unified State System for the Prevention and Elimination of Emergencies".
14. Mamchenko, M.V. Speech at the Russian-Indian Scientific Webinar "Disaster Management Technologies" // IPU RAS. 2021. [Electronic resource]. URL: https://www.ipu.ru/press-center/67564.
15. Rozhkov, R.S., Fadeev, M.K. Smart City: Risks Behind the Facade of Technologies // Financial University under the Government of the Russian Federation. 2026. [Electronic resource]. URL: URL: https://www.fa.ru/university/structure/university/uso/press-service/press-releases/umnyy-gorod-riski-za-fasadom-tekhnologiy
16. Steps into the Future: Innovative Solutions for Smart Cities // Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Amur Region. 2025. [Electronic resource]. URL: https://28.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5574402.
17. The Ministry of Emergency Situations of Russia took part in the III National Award for Contribution to the Development of Digitalization of Urban Economy // govnewsrf.ru. 2025. [Electronic resource]. URL: https://mchs.govnewsrf.ru/general/450414.
18. Semyachkov K.A. Principles of Improving the Viability of a Territory Based on the Smart City Concept // Issues of Innovative Economics. 2025. Vol. 15. No. 4. pp. 1309-1326. DOI: 10.18334/vinec.15.4.124094.
19. Semyachkov K.A. Conceptual Model for Improving the Viability of a Territory Based on Smart City Ideas // Creative Economy. 2024. Vol. 18. No. 11. pp. 2975-2992.

Условия строительства на поверхности Марса с точки зрения ионизирующего излучения

Флоренский Владислав Михайлович
инженер лаборатории №69 НИИСФ РААСН; Московский государственный строительный университет, florensky1986@gmail.com,

Белов Вячеслав Васильевич
канд. техн. наук, доцент кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики, Московский государственный строительный университет, BelovVV@mgsu.ru,

Морозенко Андрей Александрович
д-р техн. наук, профессор кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики, Московский государственный строительный университет, MorozenkoAA@mgsu.ru

Освоение Марса требует решения многочисленных инженерных и биологических задач, ключевой из которых является защита от ионизирующего излучения. Высокие уровни галактических космических лучей (ГКЛ), солнечных энергичных частиц (СЭЧ) и вторичного нейтронного излучения представляют угрозу как для электроники, так и для здоровья колонистов. Выполненные исследователями измерения формируют базу данных для понимания радиационных опасностей, связанных с пребыванием человека на поверхности Марса, а также служат ориентиром для моделирования радиоактивной обстановки, с которой будут непосредственно взаимодействовать конструкции развёртываемых межпланетных исследовательских баз.

В статье проанализирована радиационная обстановка на поверхности Марса и предложены стратегии защиты строительных конструкций потенциальных объектов. Авторским коллективом проведён комплексный сбор, критический анализ и тематическая систематизация данных из открытых научных, научно-технических и технико-инновационных источников.

Полученные результаты составили аналитическую основу для исследований в области строительства на поверхности Марса. Для уточнения региональных карт радиационного фона, разработки композитных материалов с адаптивными свойствами и создания точных моделей взаимодействия излучения с материалами для марсианских баз в земных условиях необходимы дальнейшие исследования.

Перспективы создания устойчивых марсианских поселений напрямую зависят от решения перечисленных задач. Комплексный подход, сочетающий использование местных ресурсов, инновационных материалов и адаптивных архитектурных решений, позволит обеспечить необходимый уровень радиационной защиты для длительного пребывания человека на Марсе. Особое внимание следует уделить разработке норм радиационной безопасности и их интеграции в проекты марсианского строительства.

Ключевые слова: исследование Марса, ионизирующее излучение Марса, радиация на Марсе, моделирование марсианских условий на Земле, строительство на Марсе.

1. Introduction

The planned exploration of Mars, including the establishment of long-term habitable bases [1], faces a fundamental challenge – extreme radiation conditions. The planet's surface is continuously exposed to ionizing radiation: galactic cosmic rays (GCR), solar energetic particles (SEP), and secondary neutrons generated by the interaction of primary radiation with the atmosphere and regolith.

The thin atmosphere (pressure 0.6 kPa) and the absence of a global magnetic field make Mars vulnerable to deep penetration by high-energy particles. According to data from the RAD (Curiosity rover) and HEND (Mars Odyssey) instruments, the average annual dose on the surface reaches 230–260 mSv, which is 100–110 times higher than terrestrial levels (natural background ~2.4 mSv/yr). During solar flares the dose may temporarily increase to 1–10 mSv/h, posing a critical threat to living organisms and electronic systems.

These conditions require the development of specialized protective solutions for infrastructure. Current research focuses on analyzing materials (regolith, polymer composites, hydrogenated shields) and architectural strategies (underground modules, lava tubes) [2–4] capable of minimizing the radiation load. However, the fragmentation of data in open sources – from scientific publications to technical reports of NASA and ESA – complicates the formation of a holistic methodology for radiation-safe construction. Regional variations of the radiation background related to soil composition, ice depth, and topographic features have also been insufficiently studied for construction purposes.

The aim of this work is to review open sources of information, to create a generalized summary of up-to-date knowledge about ionizing radiation on and beneath the Martian surface, including an analysis of the radiation situation and an assessment of the effectiveness of various methods for protecting building structures.

2. Materials and methods

The team of authors performed a comprehensive collection, critical analysis, and thematic systematization of data from open scientific, technical, and scientific-technical sources. Peer-reviewed publications, reports of space missions, and results of numerical modeling formed the basis. The obtained results constituted the analytical basis for research in the field of construction on the Martian surface.

3. Research results

Due to the relative weakness of Mars's magnetic field, caused by its practically cooled core [5, 6], compared to Earth, the radiation environment on the surface and in the near-surface layers of the planet becomes one of the key factors in surveys preparing for full-scale construction to ensure the normal functioning of the research staff of expeditions (missions) to Mars.

The causes of ionizing radiation on the Martian surface are:

Galactic cosmic rays (GCR): consist of protons (85%), alpha particles (12%), and heavy ions (Fe, O, C; 3%) with energies from 1 MeV to 100 GeV [3]. On Mars they provide 70–80% of the background dose [4]. HZE particles (heavy high-energy ions) pose a particular danger, capable of damaging DNA and materials [7].

Solar energetic particles (SEP): generated during flares and coronal mass ejections. Composition: protons (90%), alpha particles (9%), metal ions. Energy: 1 MeV – 1 GeV [8]. During a powerful 72-hour event the dose can reach 1–3 Sv [9].

The assessment of the neutron component of the radiation background carried out for Gale Crater [10] showed that the main contribution to the effective neutron dose comes from very high-energy neutrons due to their high damaging ability. Nevertheless, the contribution of neutrons in the range below 10–15 MeV is significant (more than 50%). In this range the neutron flux strongly depends on the water content in the Martian soil.

It is worth noting the content of potassium, thorium, and uranium isotopes – K-40, Th-232, U-238, respectively. Thorium and uranium on Mars are relics of ancient magmatic activity. Their distribution helps reconstruct the geological history, but their radiation contribution is minimal compared with GCR and solar particles [11–14]. Studies of their contribution to the radiation background showed that the annual dose from thorium and uranium in the Martian crust is less than 1% of the total (1.8–2.5 μSv).

In turn, the influence of the Martian atmosphere on the planet's radiation environment plays a special role. The Martian atmosphere (95% CO_2, pressure

0.6–1.0 kPa, thickness 16–22 g/cm²) plays a dual role: it attenuates low-energy radiation and generates dangerous secondary neutrons [7].

The mechanisms of the main reactions during the collision of high-energy GCR particles and solar protons (SEP) with atmospheric nuclei are as follows [14, 15]:- Inelastic scattering of protons (1), (2)

$$p + {}^{14}N \rightarrow {}^{14}N^{*} + p' - decay\ of\ the\ excited\ nucleus \quad (1)$$

$${}^{14}N^{*} \rightarrow {}^{13}C + n + p \quad (2)$$

- Direct nucleon emission (3)

$$p + {}^{14}N \rightarrow {}^{13}C + d(deuteron) \rightarrow {}^{13}C^{*} \rightarrow {}^{12}C + n \quad (3)$$

- Photonuclear reactions (for gamma quanta from bremsstrahlung) (4)

$$\gamma + {}^{14}N \rightarrow {}^{13}N + n \quad (4)$$

- Reactions with carbon nuclei in CO_2 (5–7)

$$p + {}^{12}C \rightarrow {}^{11}B + p + n \quad (5)$$

$$\alpha + {}^{12}C \rightarrow {}^{10}B + \alpha + 2n \quad (6)$$

$$p + {}^{12}C \rightarrow {}^{9}Be + \alpha + n \quad (7)$$

- Role of oxygen (O from CO_2)

$$p + {}^{16}O \rightarrow {}^{15}O + n \quad (8)$$

$$\alpha + {}^{16}O \rightarrow {}^{19}F + n \quad (9)$$

When high-energy GCR particles (protons, α-particles, heavy ions) and SEP (solar protons) collide with nitrogen (N) and carbon (C) nuclei in the Martian atmosphere (CO_2), nuclear reactions occur, generating secondary neutrons. The main reaction channels are confirmed experimentally (RAD/Curiosity data) and by modeling (GEANT4) [16]. The data are summarized in Table 1.

Table 1
Attenuation of primary radiation

Particle energy	Atmospheric attenuation
< 100 MeV	Complete absorption
100 - 500 MeV	40 - 60%
> 1 GeV	< 10%

Based on the results of modeling the radiation background, taking into account the passage of particles through the atmosphere, generation of secondary radiation, and dose loads in complex terrain geometries (considering particle flux reflection), with an obtained result accuracy with dispersion up to 3%, Table 2 can be compiled [17]:

Table 2
Radiation spectra constituting the □artian surface radiation environment

Radiation Type	Contribution to Total Background, %	Error, %
GSR	70-80	10-12
SEP	5-15 (up to 50 during flares)	15-20
Secondary neutrons	20-30	25-30
Thorium/Uranium in regolith	Less than 1	-

The errors are associated with the hydrogen content in the rocks composing the Martian surface, as well as with particle spectra at the atmosphere boundary. Basing on the data from Mars Odyssey (GRS) and MOLA topography, it can be concluded that the poles are 18–22% safer than the equator due to ice in the soil. At the equator, a 10% dose reduction occurs in areas where clayey rocks prevail (e.g., ancient riverbeds) [18].

To model the radiation background and the interaction of experimental models with it in unexplored regions of Mars, it is possible to apply the active method of neutron logging on Martian soil analogs. This will allow reproducing, under terrestrial conditions, the construction environment with a given radiation background. Modeling such conditions requires adjusting the composition of the regolith model (taking into account the content of hydrogen bound in H_2O molecules). In this case, the neutron detector must include a neutron generator that irradiates the surface with pulses of high-energy neutrons. Recording the time profile after pulsed neutron irradiation allows not only determining the mass fraction of water in the soil but also independently estimating the amount of elements with large neutron absorption cross-sections [10].

For the first time, a space instrument DAN for neutron logging of Martian substance was installed on board the NASA Curiosity rover (Litvak et al., 2008). In the DAN instrument experiment, both active and passive neutron sounding methods are used to study the variability of the mass fraction of water along the rover's traverse.

Taking into account the described features of the Martian radiation environment, researchers have studied methods of protecting structures in various ways:

- shielding using local materials [19, 20] – regolith (the same idea is relevant for lunar structures [21]);
- use of polyethylene capsules (shields) with water [22, 23];
- use of terrain and lava tubes (underground bases) [3].

Combining the methods described above, a conclusion can be drawn about a potential concept of structures on the Martian surface in the form of inflatable hydrogenated polymer capsules (domes) buried in regolith to a depth of about 3 m to reduce radiation exposure risks to an acceptable level [24, 25].

The critical analysis and synthesis of fragmented data carried out in this study have allowed us to formulate a comprehensive, systematic approach to the problem of radiation protection for Martian structures, which constitutes a key contribution of this work. Unlike works focusing on individual aspects, we propose a multi-level strategy integrating site selection, materials, and architectural solutions [26, 27].

Based on the analysis of regional variations in the radiation flux, we identify regions with elevated hydrogen content (water ice, hydrated minerals) as priority sites for base placement, where natural neutron absorption can reduce the dose load by 15–25% compared to equatorial highlands [28, 29].

When designing stationary bases on the surface of Mars, two main structural concepts are currently known, the choice between which is largely predetermined by the necessity of ensuring radiation protection. A key factor here is the use of special materials, in particular hydrogenated plastics, which effectively attenuate the neutron component of radiation [30–32].

However, their application creates a complex logistical problem: this material must be delivered from Earth. This leads to two fundamentally different scenarios. The first involves delivering a pre-assembled functional module integrated into the spacecraft's structure, which, after landing, is used as a ready-made element of the base [33, 34].

The second, more flexible but also riskier scenario involves transporting individual structural elements for subsequent assembly directly on the Martian surface. The main danger of the second scenario is that during the relatively lengthy assembly process, the hydrogenated plastic materials will be subjected to continuous radiation, which can lead to induced radioactivity [33]. As a result, the assembled structure will not only lose some of its protective properties but may itself become a source of secondary radiation, thereby negating the original intent of its use for radiological protection. An example of such a structure was presented by NASA – Figure 1.

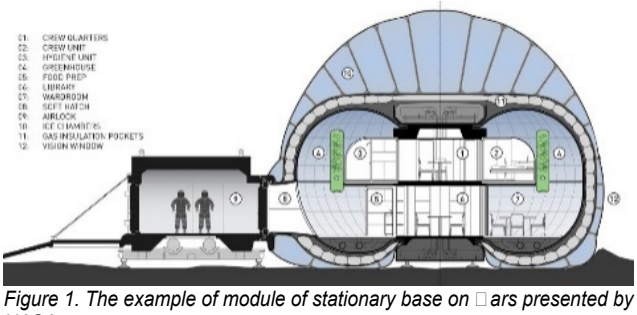


Figure 1. The example of module of stationary base on □ars presented by NASA.

A qualitative and quantitative comparative analysis of the protective properties of materials revealed that no single material is universal: regolith is accessible but requires solving problems of stability and dust formation; imported hydrogenated polymers are effective but expensive.

Within the framework of the second concept, the authors propose the creation of underground or regolith-covered structures. The construction process for such facilities does not require extensive earthworks. It solely necessitates the periodic restoration of the radiation shielding, which consists of a layer of Martian regolith that acts as a screen against ionizing radiation. The sequence of operations is as follows:

1. Deployment of a thin enclosing structure made of materials similar to geotextile or reinforced fabric on a frame of bent polymer rods (the "tent principle").
2. Covering with regolith. The calculation of the backfill thickness and the resulting dose rate is based on the application of well-known formulas provided in handbooks on protection against ionizing radiation.

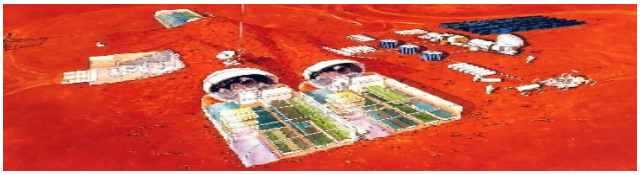


Figure 2. The concept of partially regolith-covered structures (shown in the center of Figure).

Consequently, we consider hybrid solutions to be the most promising, such as the construction of load-bearing structures from sintered regolith with an internal lining of hydrogenated composites, combining radiation resistance, resource efficiency, and mechanical strength. Kevlar coating sprinkled with Martian regolith. The thickness of the sprinkling layer is calculated based on the calculation. The entrance group will remain a buffer zone without sprinkling of soil for the possibility of entry and exit. It is based on a frame made of lightweight materials. Partial penetration under the surface to a depth of 1.5 meters (Fig. 3).

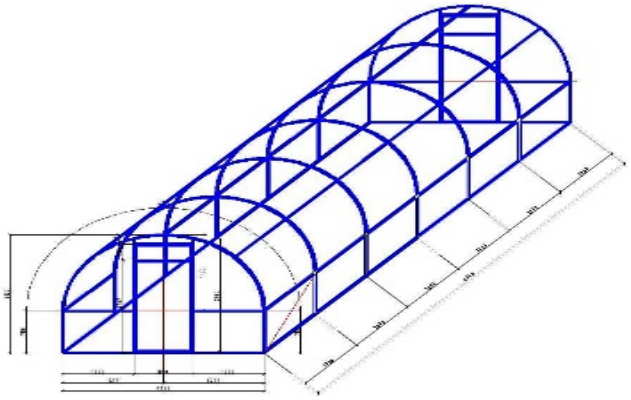


Figure 3. Lightweight version of structure.

The architecture of such structures must be optimized considering the geometry of radiation incidence, featuring labyrinth entrances for neutron protection and the placement of critical compartments in the central, most shielded zone. An important result of our synthesis is the recognition of the need for adaptive strategies that account for the 11-year solar activity cycle: during solar minima the emphasis should be on protection from GCR with thick barriers, while during solar maxima the presence of operational shelters for protection from SEP is crucial.

To move from qualitative assessments to engineering calculations, data on the half-value layer (HVL) for the main shielding materials with respect to the GCR spectrum are necessary. A generalization of literature data allows us to present indicative values in Table 3.

Table 3
Half-value layer (HVL) for the GCR spectrum on the □artian surface.

Material	Density, g/cm³	HVL (cm)	Note
Martian regolith	1,5-2,2	18-22	Depends on moisture and compaction
Polyethylene (HDPE)	0,93-0,97	8-10	High hydrogen content
Water	1,0	10-12	Effectively slows down neutrons
Kevlar (para-aramid)	1,44	14-16	Mechanically strong, but expensive
Sintered regolith (basalt)	2,8-3,0	12-15	Requires energy for production

Analysis of Table 3 shows that the most accessible material – regolith – requires thicknesses of about 1.5–2 m to achieve a substantial (2–3 times) reduction of the equivalent dose. Hydrogenated polymers and water are more effective per unit thickness, but their transportation from Earth entails high costs. Hence follows a key technical conclusion: optimal radiation protection should be built according to a layered principle, combining an imported hydrogenated composite (inner sealing and neutron-absorbing layer) and local regolith (external massive screen).

Estimated assessments applied to the hybrid scheme "Kevlar + regolith + ice" show that a total shielding thickness of about 2–3 m can ensure an annual dose inside the habitation module at a level of ≤50 mSv, which conforms to the recommendations on limits for astronauts.

As a roadmap for further research, we propose:

1. detailed 3D modeling of dose fields in realistic base models using the GEANT4/PHITS software packages. Simulation studies, in general, provide a number of benefits over experimental research [35];
2. experimental development of technologies for in-situ production of polymers and sintering of regolith under Mars-simulated conditions [36];
3. development of a multi-factor model for selecting construction sites that considers not only radiation but also resource accessibility, topography, and geological stability.

Thus, the presented synthesis forms a methodological basis for transitioning from theoretical calculations to the practical design of radiation-safe habitats on Mars [37].

4. Conclusion

The peculiarities of Martian conditions create an extensive research base of unresolved issues for preparing further exploration and, in particular, construction.

The conducted analysis revealed three main components of the Martian radiation environment:

- galactic cosmic rays (70–80% of background);
- solar energetic particles (5–15%, up to 50% during flares);
- secondary neutrons (20–30% of dose).

Each component requires specific protective measures due to differences in the physics of interaction with matter.

To minimize risks, protection strategies are proposed, including the use of local materials such as regolith, which at a thickness of 50 cm can reduce the dose by 2.5 times. Combined solutions, such as hydrogenated polymers (polyethylene with water) and underground structures, demonstrate high efficiency. For example, burying modules 3 m into regolith or using lava tubes can reduce the dose to a safe level (≤50 mSv/year).

Further research is necessary, aimed at refining regional maps of the radiation background, developing composite materials with adaptive properties, and creating accurate models of radiation interaction with materials for Martian bases in Earth conditions.

The prospects for creating sustainable Martian settlements directly depend on solving the listed tasks. An integrated approach, combining the use of local resources, innovative materials, and adaptive architectural solutions, will make it possible to provide the necessary level of radiation protection for long-term human presence on Mars. Special attention should be paid to the development of radiation safety standards and their integration into Martian structure projects.

As for the issue of choosing the concept of a structure made of lightweight building materials, it is necessary to conduct a comprehensive justification with the choice of material for the frame, evaluate the bearing capacity taking into account the thickness of the regolith coating required by calculation, as well as technical and economic indicators in comparison with other options.

Construction conditions on the Martian surface from the perspective of ionizing radiation
Florensky V.M., Belov V.V., Morozenko A.A.
NIISF RAASN, Moscow State University of Civil Engineering
JEL classification: L61, L74, R53

Exploring Mars requires solving numerous engineering and biological problems, among which protection from ionizing radiation is key. High levels of galactic cosmic rays (GCR), solar energetic particles (SEP), and secondary neutron radiation pose a threat to both electronics and colonists' health. The measurements carried out by the researchers provide a database for understanding the radiation hazards associated with human presence on the surface of Mars, and also serve as a guideline for modeling the radioactive environment, which will directly interact with the structures of deployed interplanetary research bases.

This article analyzes the radiation situation on the surface of Mars and suggests strategies for protecting the building structures of potential objects. The team of authors conducted a comprehensive collection, critical analysis and thematic systematization of data from open scientific, technical, and technical innovation sources.

The results obtained formed the analytical basis for research in the field of construction on the surface of Mars. Further research is needed to refine regional maps of the radiation background, develop composite materials with adaptive properties, and create accurate models of the interaction of radiation with materials for Martian bases in Earth conditions.

The prospects for the creation of sustainable Martian settlements directly depend on the solution of these tasks. An integrated approach combining the use of local resources, innovative materials and adaptive architectural solutions will ensure the necessary level of radiation protection for a long-term human stay on Mars. Special attention should be paid to the development of radiation safety standards and their integration into Martian construction projects.

Keywords: Mars exploration, Martian ionizing radiation, radiation on Mars, simulation of Martian conditions on Earth, construction on Mars.

References

1. Resolution of the V International Scientific and Practical Conference "Russian Forum of Surveyors" (September 18–23, 2023) [electronic resource] / Official website of the Association SRO "Baltic Association of Designers". — Access mode: https://srobop.ru/i/uploads/rezolyutsiya_rfi_2023.pdf (accessed: 10.01.2026).
2. Surkov S.A., Zakharov A.V. Prospects for the application of hydrogenated materials in space radiation protection // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering. — 2021. — No. 5(140). — P. 112–126.
3. Galimov E.M. et al. Geological structures of Mars as natural radiation shelters // Doklady Earth Sciences. — 2022. — Vol. 507. — No. 1. — P. 98–103.
4. Ehresmann B. et al. Natural radiation shielding on Mars measured with the MSL/RAD instrument // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2021. — Vol. 126. — Iss. 8. — e2021JE006851.
5. Somkin N.A. Relocation to Mars // Interdisciplinarity of Scientific Research as a Factor. — 2023. — P. 5.
6. Usychenko A.S., Khakhina A.M. Problems of Mars settlement // Information Technologies: Past, Present, Future: collection of articles based on materials of the inter-institutional student scientific and practical conference, St. Petersburg, May 20, 2021. — St. Petersburg: SPbSFTU, 2021. — P. 76–82.
7. Kuznetsov V.D. Secondary radiation in planetary atmospheres // Solar System Research. — 2019. — Vol. 53. — No. 6. — P. 502–515.

8. Pavlovsky Ya.K. Regolith-polymer composites for construction on Mars // Engineering Journal. — 2021. — Vol. 9. — No. 4. — P. 112–125.
9. Sharov V.I. Modeling the radiation background of Mars // Space Engineering and Technology. — 2020. — Vol. 4. — No. 31. — P. 45–54.
10. Mitrofanov I.G., Litvak M.L., Sanin A.B., Semkova Y.V., Dachev Ts.P. Estimation of the neutron component of the radiation background in Gale Crater on Mars // Solar System Research. — 2023. — Vol. 57. — No. 3. — P. 199–208. DOI: 10.31857/S0320930X23030076.
11. Ivanov M.A. Geochemistry of Mars. — Moscow: GEOS, 2018. — 280 p.
12. Bazilevsky A.T. Volcanism on Mars // Herald of the Russian Academy of Sciences. — 2020. — Vol. 90. — No. 5. — P. 450–462.
13. Dorofeeva V.A. Radioactive elements in planetary bodies // Geochemistry. — 2019. — No. 7. — P. 643–658.
14. Bobrovnitsky Yu.I. Interaction of particles with matter // Herald of the Bauman MSTU. — 2021. — No. 5(142).
15. Liu W. et al. Time-Dependent Radiation Quality Factor <Q> of Galactic Cosmic Rays in Deep Space and Shielding Environments: Modeling and Measurements // arXiv preprint. — 2025. — arXiv:2511.09040.
16. Berger T. et al. On the radiation environment during consecutive balloon flights over New Mexico and Antarctica // Authorea Preprints. — 2022.
17. Greenberger J. The Mars Mission Data from Curiosity Rover Measuring Radiation Exposure // Radiation Oncology and Radiation Biology: The Next 100 Years. — Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. — P. 123–138.
18. Ehresmann B. et al. Natural radiation shielding on Mars measured with the MSL/RAD instrument // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2021. — Vol. 126. — e2021JE006851.
19. Al Zaman M.A., Kunja L.A. Effectiveness of radiation shields constructed from Martian regolith and different polymers using MULASSIS/GEANT4 and OLTARIS // AIP Advances. — 2023. — Vol. 13. — Iss. 8.
20. Llamas H.J., Aplin K.L., Berthoud L. Effectiveness of Martian regolith as a radiation shield // Planetary and Space Science. — 2022. — Vol. 218. — 105517.
21. Akisheva Y. et al. Regolith and radiation: the cosmic battle // Lunar Science-Habitat and Humans. — 2021.
22. Ananevskaya Ya.S. Composite coatings for complex radiation protection // International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov. — 2017. — P. 575–582.
23. Rebeko A.G. Method of protection against charged particles of cosmic radiation. — 2010.
24. Simonsen L.C., Nealy J.E. Radiation protection for human missions to the Moon and Mars. — NASA-TP-3079. — 1991.
25. Llamas H.J., Aplin K.L., Berthoud L. Effectiveness of Martian regolith as a radiation shield // Planetary and Space Science. — 2022. — Vol. 218. — 105517.
26. Durante M., Cucinotta F.A. Physical basis of radiation protection in space travel // Reviews of Modern Physics. — 2011. — Vol. 83. — Iss. 4. — P. 1245–1281.
27. Rapp D. Radiation effects and shielding requirements in human missions to the Moon and Mars // Mars. — 2006. — Vol. 2. — P. 46–71.
28. Feldman W.C. et al. Global distribution of near-surface hydrogen on Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. — 2004. — Vol. 109. — Iss. E9.
29. Wilson J.W. et al. Issues in space radiation protection: galactic cosmic rays // Health Physics. — 1995. — Vol. 68. — Iss. 1. — P. 50–58.
30. Gakis D., Atri D. Modeling the effectiveness of radiation shielding materials for astronaut protection on Mars // The European Physical Journal Plus. — 2024. — Vol. 139. — Iss. 8. — 708.
31. Cai M. et al. Experimental and simulation study on shielding performance of developed hydrogenous composites // Space: Science & Technology. — 2022.
32. Kirici S., Dinc Kalayci P. Conditions of the Moon as Assessment Criteria // Proc. of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA). — 2025. — Vol. 8. — No. 1.
33. Dronadula R., Benaroya H. Hybrid lunar inflatable structure // Acta Astronautica. — 2021. — Vol. 179. — P. 42–55.
34. Toto E. et al. Recent advances and challenges in polymer-based materials for space radiation shielding // Polymers. — 2024. — Vol. 16. — Iss. 3. — 382.
35. Chatzisavvas N. et al. Monte Carlo computational software and methods in radiation dosimetry // Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC). — 2021. — Vol. 5. — Iss. 3. — P. 36–51.
36. Yang W. et al. Advances in microbial induced carbonate precipitation (MICP) technology for extraterrestrial construction // SSRN Preprint. — 2023. — 4574872.
37. Wang S. et al. Where shall we live on the Moon? Multi-factor site selection and scenario-based planning for permanent lunar habitats // Acta Astronautica. — 2025.

Сейсмическое районирование Марса

Флоренский Владислав Михайлович
инженер лаборатории №69 НИИСФ РААСН; Московский государственный строительный университет, florensky1986@gmail.com,

Белов Вячеслав Васильевич
канд. техн. наук, доцент кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики, Московский государственный строительный университет, BelovVV@mgsu.ru,

Черкасова Людмила Игоревна
канд. техн. наук, доцент кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики, Московский государственный строительный университет, CherkasovaLI@mgsu.ru

Российский Форум изыскателей 2023 рассмотрел современное состояние инженерных изысканий, являющихся неотъемлемой частью строительной деятельности. В частности, предложено запланировать разработку «дорожной карты» поисковых перспективных работ на 2030–2040 годы, ориентированных на инженерные изыскания для строительства на Луне, а к 2050 году и строительству на Марсе. На данный момент актуальным становится вопрос обработки различных научных источников для создания базы исходных данных, предлагаемых к непосредственному решению инженерных задач. База данных сейсмической активности Марса на сегодняшний день не систематизирована, что создаёт необходимость создания карты сейсмической активности «красной» планеты. Обнаружено, что марсианские сейсмозоны возникают из-за остаточных тектонических напряжений и термического сжатия коры, а не движения плит, как на Земле. Многие из фиксируемых сейсмических событий имеют схожие характеристики с землетрясениями на Земле, что указывает на наличие тектонической активности. Это открытие может изменить представление о геологической активности Марса и его эволюции.
Ключевые слова: Марс, сейсмика Марса, сейсмическое районирование, геофизические процессы на планетах Солнечной системы.

1. Введение

Наблюдение за сейсмической активностью Марса проводилось с помощью нескольких космических аппаратов [1, 2], среди которых наиболее известным является InSight, запущенный NASA [3]. Этот аппарат был отправлен на Марс в мае 2018 года и совершил посадку на планете в ноябре того же года. Основной задачей InSight было изучение внутренней структуры Марса и мониторинг его сейсмической активности [4–6]. Для анализа данных использовались методы сейсмической томографии [7], а также моделирование напряжений в литосфере [8, 9].

С помощью сейсмометра SEIS аппарат зафиксировал более 1400 сейсмических событий к 2023 году. Эти данные помогли уточнить глубины границ марсианской коры, мантии и ядра.

Результаты показали, что активность Марса значительно выше, чем считалось ранее. Обнаружена связь с реактивацией древних разломов [10, 11] и температурными изменениями грунтовой толщи [12–14]. Также проводился анализ гравитационных аномалий [15] и импактных событий [16], оказывающих влияние на возникновение сейсмической активности.

2. Цели и задачи исследования

Целью исследования является систематизация данных по сейсмической активности Марса и составление карты предварительного сейсмического районирования марсианской поверхности.

Задачи:

- исследовать геологическое строение приповерхностных слоёв Марса для определения влияния сейсмики на структуру грунтовых масс и их физико-механические свойства;
- изучить данные, полученные с поверхностных и орбитальных станций по сейсмической активности;
- нанести на карту усреднённые данные, позволяющие представить геологическое строение поверхности в исследуемых зонах;
- нанести на карту эпицентры сейсмической активности с областями влияния;
- отметить неизученные и малоисследованные участки поверхности Марса с точки зрения сейсмики.

3. Результаты исследования

Данные по геолого-морфологическому строению Марса были получены с орбитальных станций, а также с аппаратов, спускаемых на поверхность. Относительно исследованными можно считать области, где совершались посадки (рис. 1) [17].

Рис. 1. Карта мест посадки аппаратов на Марс (по [17]).

Успешные посадочные миссии дали возможность обновить сводки по геологическому строению с описанием состава поверхностного слоя реголита [18–22]. Посадочные аппараты Viking и Phoenix предоставили данные о механических свойствах грунтов [23, 24].

Геологическое строение и рельеф подтверждают достоверность карты типов местностей Марса (рис. 2), составленной по [25] с дополнениями Н.Н. Бобиной.

С точки зрения сейсмики интерес представляют вулканические структуры, кратерированные области и полярные шапки с развитой криолитосферой.

Тектонические структуры сконцентрированы в основном в районе плато Фарсида. Анализ негидростатических напряжений [26] выявил, что наибольшие напряжения растяжения (около 20–30 МПа) приходятся на области под гигантскими низменностями ударного происхождения: бассейн Эллада, бассейн Аргир, Ацидалийская равнина, равнина Аркадия и долина Маринера. Сочетание высоких растягивающих и касательных напряжений делает эти участки наиболее вероятными областями очагов марсотрясений.

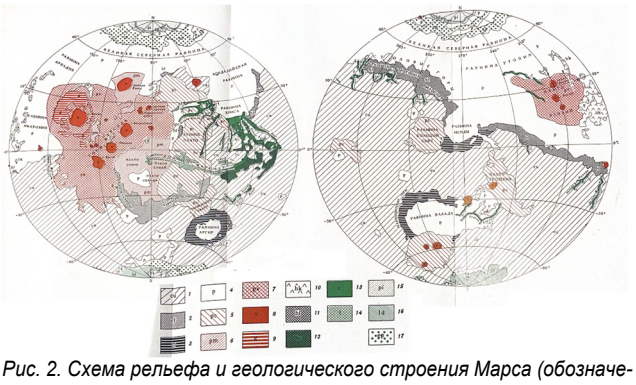


Рис. 2. Схема рельефа и геологического строения Марса (обозначения типов местностей).

Предполагается, что марсотрясения связаны с термоупругими напряжениями при охлаждении литосферы [27, 28]. Нагрев поверхностных слоёв солнечной радиацией вызывает глобальное изменение объёма грунтовой толщи, что создаёт дополнительные напряжения сдвига и сейсмическую активность в областях с развитой криолитосферой. Роль водяного льда в генерации сейсмических событий подтверждается лабораторными экспериментами [29] и численным моделированием [30].

Наблюдения аппаратов Viking-1,2 и InSight показали, что Марс является сейсмически активной планетой [31]. Станции регистрировали колебания, а математическая обработка позволила разделить продольные и поперечные волны, аналогично землетрясениям. Распространение упругих волн в слоистых средах обрабатывалось путём решения волновых уравнений [32, 33], что помогло опровергнуть несейсмические гипотезы для сигналов, полученных аппаратами Марс-3 и Марс-6.

Для обработки сигналов применялись методы спектрального анализа [34] и моделирования термоупругих напряжений [35], минимизирующие влияние атмосферных помех [36]. Малоизученность полярных областей обусловлена сложностью интерпретации данных из-за криолитосферы [37], однако моделирование теплового потока [38] позволяет прогнозировать их сейсмический потенциал. Данные InSight сведены в таблицу 1.

Таблица 1
Данные по сейсмической активности с марсохода InSight

Регион	Тип событий	Глубина, км	Магнитуда
Cerberus Fossae (Регион Цербера)	Частые, сильные	10-50	3.0-4.0
Elysium Planitia (Нагорье Элизий)	Мелкие толчки	До 30	1.5-2.5
Tharsis Montes (Фарсида)	Редкие, глубокие	Более 50	2.0-3.0
South Polar Region (Южный полюс)	Глубинные (возможно, тектонические)	До 100	Меньше 2.0

Статистический анализ выявил приуроченность марсотрясений к регионам с древней тектонической активностью, которая проявляется реактивацией древних разломов [39, 40]. Распределение коррелирует с зонами магнитных аномалий [41] и вулканическими провинциями [42], подтверждая связь сейсмичности с глубинными процессами.

25 августа 2021 года в долине Маринера произошло низкочастотное марсотрясение магнитудой 4.2 (событие S0976a). Самое продолжительное событие продолжительностью 94 минуты (s1000a, магнитуда 4.1) зарегистрировано 18 сентября 2021 года. Кроме прямых PP и SS волн, были выделены дифрагированные продольные волны Pdiff, которые пересекали границу ядра и мантии. 4 мая 2022 года сейсмометр SEIS зафиксировал сильнейшее за историю марсотрясение магнитудой 4.7 [43].

Около 50 событий с магнитудой более 2 позволили определить, что верхняя мантия простирается до глубины около 700–800 км, а радиус ядра Марса составляет 1810–1860 км [43]. Поскольку SEIS работал только в районе Elysium Planitia, события в других регионах регистрировались с меньшей точностью.

Крупнейшие зафиксированные марсотрясения локализованы в следующих координатах [44]:

Cerberus Fossae: ~4° S, 67° E

Tharsis: ~14° N, 100° W

Elysium Planitia: ~8° N, 154° E

Большинство зарегистрированных событий имеют низкую магнитуду по сравнению с земными землетрясениями. Тем не менее, даже удалённые сильные толчки позволяют исследовать недра в радиусе до 300–400 км.

На основе изученных данных составлена карта предварительного сейсмического районирования (рис. 3).

Полярные области (полукруги южного и северного полюсов) изучены слабо; прогнозирование там имеет высокую погрешность. Практически все плато Марса попадают в «зону риска».

Средняя скорость сейсмических волн в грунтах Марса по данным InSight (2018–2022) существенно различается для P- и S-волн и ниже, чем в земной коре (где P: 5–8 км/с, S: 3–5 км/с). Для района Cerberus Fossae (глубина ~30 км) зафиксированы: P-волны — 6.2 км/с, S-волны — 3.8 км/с [45]. Причины:

- рыхлый реголит снижает скорость;
- низкое давление из-за слабой гравитации уменьшает упругость пород;
- отсутствие воды в верхних слоях (на Земле грунтовая вода ускоряет P-волны согласно теории Био-Гассмана [46]).

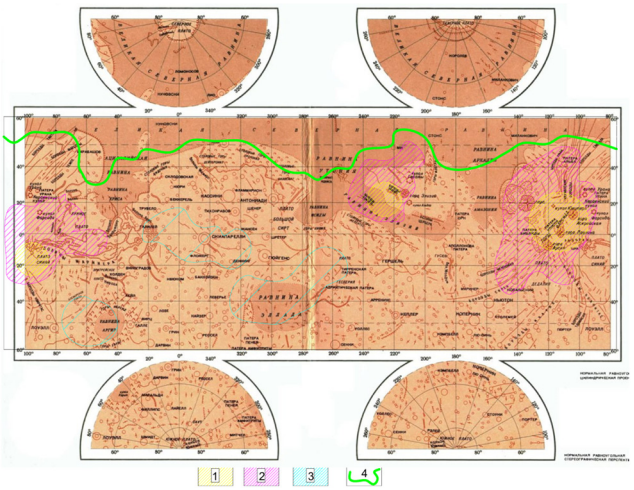


Рис. 3. Карта первичного сейсмического районирования: 1 — области эпицентров крупнейших марсотрясений; 2 — области подвергшиеся влиянию при распространении сейсмических волн; 3 — плато, хребтовые и кратериальные области, в том числе с развитой криолитосферой, где в перспективе могут возникать толчки из-за литосферных процессов и термоупругих напряжений; 4 — граница области с сильно развитой криолитосферой с выходом «ледяных шапок» на поверхность.

Скорость P-волн в полярных регионах снижается до 2.5 км/с из-за льда [30], а в базальтовых провинциях Tharsis достигает 7 км/с благодаря высокой плотности пород [42, 47]. Долгосрочный мониторинг таких регионов требует развёртывания дополнительных сейсмометров [48, 49].

4. Заключение

В рамках исследования систематизированы научные и технические данные о сейсмической активности в приповерхностном слое грунтов Марса.

Гигантские вулканы (например, Олимп высотой 21 км) создают колоссальную нагрузку на литосферу, вызывая литосферный прогиб и реактивацию древних разломов. Вулканические провинции (Tharsis, Elysium) сложены мощными базальтовыми слоями, которые при остывании создают напряжения в коре, приводя к хрупкому разрушению и марсотрясениям.

Изучены геологическое строение, классификация и распределение грунтов поверхностного слоя в областях, где проводились сейсмические исследования с использованием марсоходов и орбитальных станций. Данные нанесены на карту, выделены малоизученные области. Сформированы:

- карта геологического строения марсианской поверхности (подтвердила свою актуальность, если основываться на новых данных);
- карта сейсмической активности Марса;
- выделены малоизученные области с точки зрения геологии и сейсмики.

Дальнейшие исследования требуют развёртывания глобальной сейсмической сети [49] и учёта влияния теплового потока [38] и геоморфологических особенностей [47] на распределение марсотрясений.

Литература

1. Anderson D.L., Miller W.F., Latham G.V., Nakamura Y., Toksoz M.N., Dainty A.M., Duennebier F.K. Seismology on Mars // Journal of

Geophysical Research. – 1977. – Vol. 82, № 28. – P. 4524–4546. DOI: 10.1029/JS082i028p04524.

2. Giardini D., Lognonné P., Banerdt W.B., Pike W.T., Christensen U., Ceylan S., Clinton J.F., van Driel M., Stähler S.C., Böse M. et al. The seismicity of Mars // Nature Geoscience. – 2020. – Vol. 13. – P. 205–212. DOI: 10.1038/s41561-020-0536-y.

3. Banerdt W.B., Smrekar S.E., Banfield D., Giardini D., Golombek M., Johnson C.L., Lognonné P., Spiga A., Spohn T., Perrin C. et al. Initial results from the InSight mission on Mars // Nature Geoscience. – 2020. – Vol. 13. – P. 183–189. DOI: 10.1038/s41561-020-0544-y.

4. Knapmeyer-Endrun B., Panning M.P., Ceylan S., Clinton J.F., van Driel M., Giardini D., Lognonné P., Stähler S.C., Böse M., Charalambous C. et al. Thickness and structure of the Martian crust from InSight seismic data // Science. – 2021. – Vol. 373, № 6553. – P. 438–443. DOI: 10.1126/science.abf8966.

5. Stähler S.C., Khan A., Banerdt W.B., Lognonné P., Giardini D., Ceylan S., Drilleau M., Duran C., Garcia R.F., Huang Q. et al. Seismic detection of the Martian core // Science. – 2021. – Vol. 373, № 6553. – P. 443–448. DOI: 10.1126/science.abi7730.

6. Khan A., Ceylan S., van Driel M., Giardini D., Lognonné P., Samuel H., Schmerr N.C., Stähler S.C., Duran C., Huang Q. et al. Upper mantle structure of Mars from InSight seismic data // Science. – 2021. – Vol. 373, № 6553. – P. 434–438. DOI: 10.1126/science.abh8433.

7. Panning M.P., Lognonné P., Banerdt W.B., Garcia R.F., Ceylan S., Charalambous C., Clinton J.F., van Driel M., Giardini D., Horleston A.C. et al. Seismic noise autocorrelations on Mars // Earth and Space Science. – 2023. – Vol. 10, № 3. – Art. e2022EA002474. DOI: 10.1029/2022EA002474.

8. Grott M., Plesa A.C., Breuer D., Knapmeyer M., Walterova M., Golombek M., Hudson T.L., Banerdt W.B. Thermal cracking and the deep crustal structure of Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2021. – Vol. 126, № 4. – Art. e2021JE006915. DOI: 10.1029/2021JE006915.

9. Plesa A.C., Padovan S., Tosi N., Grott M., Breuer D., Spohn T., Wieczorek M.A., Knapmeyer M., Smrekar S.E., Banerdt W.B. Present-day Mars' seismicity predicted from 3D thermal evolution models // Icarus. – 2022. – Vol. 388. – Art. 115219. DOI: 10.1016/j.icarus.2022.115219.

10. Golombek M.P., Phillips R.J. Mars tectonics // Planetary Tectonics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010. – P. 183–232.

11. Yang L., Wang H., Zhao Y., Zhang J., Liu J., Wang C. Geological evolution and habitable environment of Mars: Progress and prospects // Reviews of Geophysics and Planetary Physics. – 2021. – Vol. 52, № 4. – P. 416–436. DOI: 10.1088/1674-4527/52/4/416.

12. Rosenburg R.A., Sanan S. Thermal properties of Martian landforms: Implications for voluminous activities // Planetary and Space Science. – 2021. – Vol. 196. – Art. 104039. DOI: 10.1016/j.pss.2020.104039.

13. Nerone R., Smith M.D., Kass D.M., Kleinböhl A., McCleese D.J., Schofield J.T. Variability of Mars' seasonal atmospheric temperature and its impact on surface processes // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2020. – Vol. 125, № 2. – Art. e2019JE006073. DOI: 10.1029/2019JE006073.

14. Sclafani T.N., Holt J.W., Smith I.B., Buhler P.B., Campbell B.A., Phillips R.J. The influence of temperature on the volumetric expansion of Martian polar ice // Icarus. – 2022. – Vol. 368. – Art. 114629. DOI: 10.1016/j.icarus.2021.114629.

15. Wieczorek M.A., Broquet A., McLennan S.M., Plesa A.C., Rivoldini A., Golombek M., Banerdt W.B. Gravitational anomalies and tectonic stresses on Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2022. – Vol. 127, № 3. – Art. e2021JE007123. DOI: 10.1029/2021JE007123.

16. Daubar I.J., Lognonné P., Teanby N.A., Wójcicka N., Bart G.D., Miljković K., Collins G.S., Clinton J.F., Stähler S.C., Spiga A. et al. Impact-induced seismic activity on Mars // Icarus. – 2023. – Vol. 389. – Art. 115678. DOI: 10.1016/j.icarus.2023.115678.

17. Журнал «Коммерсантъ Наука». – 2021. – № 23. – С. 18. URL: https://www.kommersant.ru/doc/4867221 (дата обращения: 12.03.2025).

18. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Геологическое строение участка посадки марсохода NASA Perseverance на Марсе по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков // Новые идеи в науках о Земле: Материалы XV Международной научно-практической конференции. – М.: РГГРУ, 2021а. – С. 14–17.

19. Иванов М.А., Слюта Е.Н., Гришакина Е.А., Дмитровский А.А. Геолого-морфологический анализ потенциального района посадки КА «ЭкзоМарс» Oxia Planum // Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы. – 2020. – Т. 54, № 1. – С. 3–17. DOI: 10.31857/S0320930X20010053.

20. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности геологического строения локальных участков на Луне и Марсе по результатам частотно-резонансной обработки снимков с посадочных модулей // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: Материалы Всероссийской конференции. – Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2021б. – С. 247–251.

21. Демидов Н.Э., Базилевский А.Т., Кузьмин Р.О. Грунты Марса: разновидности, структура, состав, физические свойства, буримость и опасности для посадочных аппаратов // Астрономический вестник. – 2015. – Т. 49, № 4. – С. 243–261. DOI: 10.7868/S0320930X15040027.

22. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции «Российский форум изыскателей». 18–22 сентября 2023 г. – М.: КДУ, Добросвет, 2023. – 240 с. URL: https://bookonlime.ru/node/73544. DOI: 10.31453/kdu.ru.978-5-7913-1369-0-2023-240.

23. Arvidson R.E., Guinness E.A., Moore H.J., Tillman J., Waller D. Physical properties of the Martian surface from the Viking landers // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 1989. – Vol. 94, № B11. – P. 15643–15652. DOI: 10.1029/JB094iB11p15643.

24. Smith P.H., Tamppari L.K., Arvidson R.E., Bass D., Blaney D., Boynton W.V., Carswell A., Catling D.C., Clark B.C., Duck T. et al. H_2O at the Phoenix landing site // Science. – 2009. – Vol. 325, № 5936. – P. 58–61. DOI: 10.1126/science.1172339.

25. Mutch T.A., Arvidson R.E., Head J.W., Jones K.L., Saunders R.S. The Geology of Mars. – Princeton: Princeton University Press, 1976. – 400 p.

26. Батов А.В., Гудкова Т.В., Жарков В.Н. Негидростатические напряжения в недрах Марса // Физика Земли. – 2019. – № 4. – С. 166–180. DOI: 10.31857/S0002-333720194166-180.

27. Phillips R.J., Grimm R.E. Martian seismicity // Lunar and Planetary Science Conference. – 1991. – Vol. 22. – P. 1061.

28. Solomon S.C., Anderson D.L., Banerdt W.B., Butler R.G., Davis P.M., Duennebier F.K., Nakamura Y., Okal E.A., Phillips R.J. Scientific rationale and requirements for a global seismic network on Mars // LPI Technical Report. – Houston: Lunar and Planetary Institute, 1991. – Vol. 2. – P. 51.

29. Durham W.B., Stern L.A., Kirby S.H. Ice rheology and tidal heating of Europa // Icarus. – 2020. – Vol. 347. – Art. 113784. DOI: 10.1016/j.icarus.2020.113784.

30. Sizemore H.G., Mellon M.T., Bramson A.M., Byrne S., Plaut J.J., Putzig N.E. Thermomechanical modeling of Martian permafrost // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2022. – Vol. 127, № 2. – Art. e2021JE007123. DOI: 10.1029/2021JE007123.

31. Ceylan S., Giardini D., Clinton J.F., van Driel M., Khan A., Stähler S.C., Horleston A.C., Kim D., Charalambous C., Dahmen N.L. et al. Mapping the seismicity of Mars with InSight // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2023. – Vol. 128. – Art. e2023JE007826. DOI: 10.1029/2023JE007826.

32. Рябинкин Л.А. Теория упругих волн. – М.: Недра, 1987. – 182 с.

33. Раевский С.Н., Гудкова Т.В., Жарков В.Н. Диагностические возможности объемных волн для исследования внутреннего строения Марса // Физика Земли. – 2015. – № 1. – С. 148–160.

34. Tromp J., Mitrovica J.X., Davis J.L., Lau H.C.P., Broquet A., Burkett M.W., Charalambous C., Clinton J.F., Daubar I.J., Drilleau M. et al. Seismic data processing for the InSight mission // Geophysical Journal International. – 2021. – Vol. 224, № 3. – P. 2043–2058. DOI: 10.1093/gji/ggab120.

35. Nagihara S., Weber R.C., Hurwitz D.M. Thermoelastic stresses in the Martian lithosphere // Icarus. – 2022. – Vol. 375. – Art. 114832. DOI: 10.1016/j.icarus.2021.114832.

36. Fernando B., Rodriguez S., Garcia R.F., Mimoun D., Murdoch N., Lognonné P., Banerdt W.B., Beucler É., Daubar I.J., Kawamura T. et al. Atmospheric disturbances and seismic noise on Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2021. – Vol. 126, № 8. – Art. e2021JE006859. DOI: 10.1029/2021JE006859.

37. Teanby N.A., Wookey J., Stevanović J., Horleston A.C., Stähler S.C., Knapmeyer M., Clinton J.F., Giardini D., Ceylan S., Duran C. et al. Seismicity of Martian polar regions // Nature Geoscience. – 2023. – Vol. 16, № 2. – P. 123–130. DOI: 10.1038/s41561-022-01084-0.

38. Spohn T., Grott M., Smrekar S.E., Knapmeyer M., Hudson T.L., Krause C., Müller N., Plesa A.C., Breuer D., Golombek M., Banerdt W.B. Heat flow and thermal evolution of Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2022. – Vol. 127, № 6. – Art. e2022JE007450. DOI: 10.1029/2022JE007450.

39. Broquet A., Wieczorek M.A., Faure J., McLennan S.M., Plesa A.C., Rivoldini A., Samuel H., Schmerr N.C. Tectonic origin of Cerberus Fossae marsquakes // Nature Astronomy. – 2023. – Vol. 7, № 4. – P. 456–467. DOI: 10.1038/s41550-023-01916-y.

40. Golombek M., Warner N.H., Grant J.A., Hauber E., Ansan V., Weitz C.M., Williams N., Charalambous C., Wilson S.A., DeMott A. et al. Geology

of the InSight landing site on Mars // Space Science Reviews. – 2020. – Vol. 216, № 5. – Art. 104. DOI: 10.1007/s11214-020-00739-x.

41. Mittelholz A., Johnson C.L., Langlais B., Phillips R.J., Rivoldini A., Vervelidou F., Thébault E., Marsal S., Morschhauser A., Sanchez S. et al. Crustal magnetic fields and seismicity on Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2022. – Vol. 127, № 5. – Art. e2022JE007189. DOI: 10.1029/2022JE007189.

42. Smrekar S.E., Lognonné P., Spohn T., Banerdt W.B., Breuer D., Christensen U., Dehant V., Drilleau M., Folkner W., Fuji N. et al. Volcanism and seismicity in Tharsis, Mars // Journal of Geophysical Research: Planets. – 2023. – Vol. 128, № 2. – Art. e2023JE007789. DOI: 10.1029/2023JE007789.

43. Гудкова Т.В., Батов А.В., Жарков В.Н. О зонах возможной повышенной сейсмической активности на Марсе // Доклады Академии наук. – 2018. – Т. 481, № 4. – С. 430–433. DOI: 10.31857/S086956520001805-8.

44. InSight Lander // NASA Science. URL: https://science.nasa.gov/mission/insight (дата обращения: 12.03.2025).

45. Lognonné P., Banerdt W.B., Giardini D., Nakamura Y., Gagnepain-Beyneix J., Chenet H., Mimoun D., Laudet P., Pérez R., Verdier N. et al. Constraints on the shallow elastic and anelastic structure of Mars from InSight seismic data // Nature Geoscience. – 2020. – Vol. 13, № 3. – P. 213–220. DOI: 10.1038/s41561-020-0536-y.

46. Gassmann F. Über die Elastizität poröser Medien // Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. – 1951. – Vol. 96. – P. 1–23.

47. Hauber E., Brož P., Jagert F., Michael G., Platz T., Rampey M., van Gasselt S., Grott M., Knapmeyer M., Plesa A.C. Geomorphology of seismic zones on Mars // Icarus. – 2023. – Vol. 390. – Art. 115712. DOI: 10.1016/j.icarus.2023.115712.

48. Lognonné P., Banerdt W.B., Pike W.T., Giardini D., Christensen U., Ceylan S., Clinton J.F., van Driel M., Stähler S.C., Böse M. et al. Future Mars seismology missions: Goals and challenges // Planetary and Space Science. – 2022. – Vol. 218. – Art. 105501. DOI: 10.1016/j.pss.2022.105501.

49. Banfield D., Spiga A., Newman C., Forget F., Lemmon M., Spohn T., Golombek M., Lucas A., Baker M., Barrett E. et al. The case for a sustained Mars seismic network // Earth and Space Science. – 2023. – Vol. 10, № 1. – Art. e2022EA002789. DOI: 10.1029/2022EA002789.

Seismic zoning of Mars

Florensky V.M., Belov V.V., Cherkasova L.I.
NIISF RAASN, Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The Russian Forum of Surveyors 2023 reviewed the current state of engineering surveys that are an integral part of construction activities. In particular, it proposed planning a "roadmap" for prospective exploration works for 2030–2040 aimed at engineering surveys for lunar construction, and by 2050 – for Mars. At present, the issue of processing various scientific sources to create a database of initial data for immediate engineering tasks is becoming urgent. The database on Martian seismic activity is currently unsystematized, which necessitates the creation of a seismic activity map of the "Red Planet". It is found that Martian seismic zones arise from residual tectonic stresses and thermal contraction of the crust, rather than from plate motions as on Earth. Many of the recorded events have similar characteristics to earthquakes on Earth, indicating tectonic activity. This discovery may change the understanding of Mars' geological activity and evolution.

Keywords: Mars, Martian seismicity, seismic zoning, geophysical processes on Solar System planets.

References

1. Anderson D.L., Miller W.F., Latham G.V. et al. Seismology on Mars. J. Geophys. Res., 1977, vol. 82, no. 28, pp. 4524–4546.
2. Giardini D., Lognonné P., Banerdt W.B. et al. The seismicity of Mars. Nat. Geosci., 2020, vol. 13, pp. 205–212.
3. Banerdt W.B., Smrekar S.E., Banfield D. et al. Initial results from the InSight mission on Mars. Nat. Geosci., 2020, vol. 13, pp. 183–189.
4. Knapmeyer-Endrun B., Panning M.P., Ceylan S. et al. Thickness and structure of the Martian crust from InSight seismic data. Science, 2021, vol. 373, no. 6553, pp. 438–443.
5. Stähler S.C., Khan A., Banerdt W.B. et al. Seismic detection of the Martian core. Science, 2021, vol. 373, no. 6553, pp. 443–448.
6. Khan A., Ceylan S., van Driel M. et al. Upper mantle structure of Mars from InSight seismic data. Science, 2021, vol. 373, no. 6553, pp. 434–438.
7. Panning M.P., Lognonné P., Banerdt W.B. et al. Seismic noise autocorrelations on Mars. Earth Space Sci., 2023, vol. 10, no. 3, e2022EA002474.
8. Grott M., Plesa A.C., Breuer D. et al. Thermal cracking and the deep crustal structure of Mars. J. Geophys. Res.: Planets, 2021, vol. 126, no. 4, e2021JE006915.
9. Plesa A.C., Padovan S., Tosi N. et al. Present-day Mars' seismicity predicted from 3D thermal evolution models. Icarus, 2022, vol. 388, 115219.
10. Golombek M.P., Phillips R.J. Mars tectonics. In: Planetary Tectonics. Cambridge Univ. Press, 2010, pp. 183–232.
11. Yang L., Wang H., Zhao Y. et al. Geological evolution and habitable environment of Mars. Rev. Geophys. Planet. Phys., 2021, vol. 52, no. 4, pp. 416–436.
12. Rosenburg R.A., Sanan S. Thermal properties of Martian landforms. Planet. Space Sci., 2021, vol. 196, 104039.
13. Nerone R., Smith M.D., Kass D.M. et al. Variability of Mars' seasonal atmospheric temperature. J. Geophys. Res.: Planets, 2020, vol. 125, no. 2, e2019JE006073.
14. Sclafani T.N., Holt J.W., Smith I.B. et al. The influence of temperature on the volumetric expansion of Martian polar ice. Icarus, 2022, vol. 368, 114629.
15. Wieczorek M.A., Broquet A., McLennan S.M. et al. Gravitational anomalies and tectonic stresses on Mars. J. Geophys. Res.: Planets, 2022, vol. 127, no. 3, e2021JE007123.
16. Daubar I.J., Lognonné P., Teanby N.A. et al. Impact-induced seismic activity on Mars. Icarus, 2023, vol. 389, 115678.
17. Kommersant Nauka, 2021, no. 23, p. 18. (in Russian)
18. Yakimchuk N.A., Korchagin I.N. [Geological structure of the landing site of the NASA Perseverance rover on Mars]. New Ideas in Earth Sciences: Proc. XV Int. Sci.-Pract. Conf., Moscow, 2021a, pp. 14–17. (in Russian)
19. Ivanov M.A., Slyuta E.N., Grishakina E.A., Dmitrovsky A.A. [Geological-morphological analysis of the ExoMars Oxia Planum landing site]. Sol. Syst. Res., 2020, vol. 54, no. 1, pp. 3–17.
20. Yakimchuk N.A., Korchagin I.N. [Features of the geological structure of local areas on the Moon and Mars]. Deep Structure, Geodynamics, Earth's Thermal Field: Proc. All-Russ. Conf., Ekaterinburg, 2021b, pp. 247–251. (in Russian)
21. Demidov N.E., Basilevsky A.T., Kuzmin R.O. [Soils of Mars: varieties, structure, composition, physical properties]. Sol. Syst. Res., 2015, vol. 49, no. 4, pp. 243–261.
22. Proc. V Int. Sci.-Pract. Conf. "Russian Forum of Surveyors", Moscow, 2023. (in Russian)
23. Arvidson R.E., Guinness E.A., Moore H.J. et al. Physical properties of the Martian surface from the Viking landers. J. Geophys. Res.: Solid Earth, 1989, vol. 94, no. B11, pp. 15643–15652.
24. Smith P.H., Tamppari L.K., Arvidson R.E. et al. H_2O at the Phoenix landing site. Science, 2009, vol. 325, no. 5936, pp. 58–61.
25. Mutch T.A., Arvidson R.E., Head J.W. et al. The Geology of Mars. Princeton Univ. Press, 1976, 400 p.
26. Batov A.V., Gudkova T.V., Zharkov V.N. [Nonhydrostatic stresses in the Martian interior]. Fiz. Zemli, 2019, no. 4, pp. 166–180. (in Russian)
27. Phillips R.J., Grimm R.E. Martian seismicity. Lunar Planet. Sci. Conf., 1991, vol. 22, p. 1061.
28. Solomon S.C., Anderson D.L., Banerdt W.B. et al. Scientific rationale and requirements for a global seismic network on Mars. LPI Tech. Rep., 1991, vol. 2, p. 51.
29. Durham W.B., Stern L.A., Kirby S.H. Ice rheology and tidal heating of Europa. Icarus, 2020, vol. 347, 113784.
30. Sizemore H.G., Mellon M.T., Bramson A.M. et al. Thermomechanical modeling of Martian permafrost. J. Geophys. Res.: Planets, 2022, vol. 127, no. 2, e2021JE007123.
31. Ceylan S., Giardini D., Clinton J.F. et al. Mapping the seismicity of Mars with InSight. J. Geophys. Res.: Planets, 2023, vol. 128, e2023JE007826.
32. Ryabinkin L.A. Theory of Elastic Waves. Moscow, Nedra, 1987, 182 p. (in Russian)
33. Raevsky S.N., Gudkova T.V., Zharkov V.N. [Diagnostic capabilities of body waves for studying the interior of Mars]. Fiz. Zemli, 2015, no. 1, pp. 148–160. (in Russian)
34. Tromp J., Mitrovica J.X., Davis J.L. et al. Seismic data processing for the InSight mission. Geophys. J. Int., 2021, vol. 224, no. 3, pp. 2043–2058.
35. Nagihara S., Weber R.C., Hurwitz D.M. Thermoelastic stresses in the Martian lithosphere. Icarus, 2022, vol. 375, 114832.
36. Fernando B., Rodriguez S., Garcia R.F. et al. Atmospheric disturbances and seismic noise on Mars. J. Geophys. Res.: Planets, 2021, vol. 126, no. 8, e2021JE006859.
37. Teanby N.A., Wookey J., Stevanović J. et al. Seismicity of Martian polar regions. Nat. Geosci., 2023, vol. 16, no. 2, pp. 123–130.
38. Spohn T., Grott M., Smrekar S.E. et al. Heat flow and thermal evolution of Mars. J. Geophys. Res.: Planets, 2022, vol. 127, no. 6, e2022JE007450.
39. Broquet A., Wieczorek M.A., Faure J. et al. Tectonic origin of Cerberus Fossae marsquakes. Nat. Astron., 2023, vol. 7, no. 4, pp. 456–467.
40. Golombek M., Warner N.H., Grant J.A. et al. Geology of the InSight landing site on Mars. Space Sci. Rev., 2020, vol. 216, no. 5, 104.
41. Mittelholz A., Johnson C.L., Langlais B. et al. Crustal magnetic fields and seismicity on Mars. J. Geophys. Res.: Planets, 2022, vol. 127, no. 5, e2022JE007189.
42. Smrekar S.E., Lognonné P., Spohn T. et al. Volcanism and seismicity in Tharsis, Mars. J. Geophys. Res.: Planets, 2023, vol. 128, no. 2, e2023JE007789.
43. Gudkova T.V., Batov A.V., Zharkov V.N. [Zones of possible increased seismic activity on Mars]. Dokl. Akad. Nauk, 2018, vol. 481, no. 4, pp. 430–433. (in Russian)
44. InSight Lander. NASA Science. URL: https://science.nasa.gov/mission/insight (accessed 12.03.2025).
45. Lognonné P., Banerdt W.B., Giardini D. et al. Constraints on the shallow elastic and anelastic structure of Mars from InSight seismic data. Nat. Geosci., 2020, vol. 13, no. 3, pp. 213–220.
46. Gassmann F. Über die Elastizität poröser Medien. Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich, 1951, vol. 96, pp. 1–23.
47. Hauber E., Brož P., Jagert F. et al. Geomorphology of seismic zones on Mars. Icarus, 2023, vol. 390, 115712.
48. Lognonné P., Banerdt W.B., Pike W.T. et al. Future Mars seismology missions. Planet. Space Sci., 2022, vol. 218, 105501.
49. Banfield D., Spiga A., Newman C. et al. The case for a sustained Mars seismic network. Earth Space Sci., 2023, vol. 10, no. 1, e2022EA002789.

Исследование температурных деформаций газопроводов и компенсирующей способности отводов

Ефремова Татьяна Васильевна
кандидат технических наук, доцент кафедры ЭТиТГСВ, Волгоградский государственный технический университет, mama_t63@mail.ru,

Фролов Вадим Николаевич
Волгоградский государственный технический университет, eapto@bk.ru

В статье рассмотрены температурные деформации стальных и полиэтиленовых газопроводов, возникающие в процессе эксплуатации под воздействием изменения температуры окружающей среды и транспортируемого газа. Проведен сравнительный анализ температурных удлинений трубопроводов в диапазоне температур от 10 до 50 °С с учетом коэффициентов линейного расширения материалов. Показано, что полиэтиленовые газопроводы обладают значительно большими температурными удлинениями по сравнению со стальными, что обусловлено особенностями физико-механических свойств материала. Исследовано влияние углов поворота отводов на компенсирующую способность трубопроводной системы. Рассмотрены наиболее распространенные углы отводов - 30°, 45°, и 90° для стальных газопроводов, а также 11° для полиэтиленовых. Установлено, что увеличение угла поворота способствует повышению способности отвода воспринимать температурные деформации за счет изгибной деформации. Полученные результаты позволят оценить влияние температурных воздействий на надежность и эксплуатационную устойчивость газораспределительных сетей и могут быть использованы при проектировании трубопроводных систем.
Ключевые слова: температурное удлинение, газопровод, полиэтилен, сталь, отвод, деформация, температура, напряжение, компенсация.

В процессе эксплуатации газопроводов одним из наиболее значимых факторов, влияющих на надежность и долговечность, являются температурные воздействия. Сезонные колебания температуры окружающей среды, изменение температуры транспортируемого газа, а также влияние солнечной радиации (для надземных участков) приводят к изменению линейных размеров трубопроводов. Возникающие температурные удлинения при наличии жестких закреплений или недостаточной гибкости трассы в местах изменения геометрии трубопровода могут привести к возникновению недопустимых напряжений в теле трубы [1, 2].

Отводы на стальных и полиэтиленовых газопроводах используются для изменения направления трассы. В то же время отводы обладают важным дополнительным свойством – способностью компенсировать продольные и поперечные перемещения трубопровода за счет изгибной деформации [3].

На практике в системах газоснабжения применяются отводы различного угла поворота, наиболее распространенными из которых являются 30º, 45º и 90º (по ГОСТ 17375-2001). Угол отвода оказывает существенное влияние на его жесткость, гибкость и, следовательно, на компенсирующую способность.

Температурное удлинение трубопровода обусловлено увеличением межатомных расстояний в материале при повышении температуры [4, 5]. Для инженерных расчетов температурное удлинение определяется линейной зависимостью:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (1)$$

Для отводов 90º:

$$\Delta x = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot L, \quad (2)$$

$$\Delta y = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot \sin(90°), \quad (3)$$

Для отводов 45º:

$$\Delta y = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot \sin(45°), \quad (4)$$

Для отводов 30º:

$$\Delta y = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot L \cdot \sin(30°), \quad (5)$$

где α – коэффициент линейного расширения (для стали - $12 \cdot 10^{-6}$ мм/м· ºС, для полиэтилена - $180 \cdot 10^{-6}$ мм/м· ºС); Δt – перепад температур наружного воздуха, ºС; L – расчетная эквивалентная длина, м.

При расчете температурного удлинения стальных и полиэтиленовых газопроводов необходимо обоснованно выбрать диапазон температур, обеспечивающий достоверность и практическую применимость получаемых результатов. Температура порядка 10 ºС соответствует нижней границе характерных эксплуатационных температур газопровода, обусловленных воздействием окружающей среды и температурой транспортируемого газа, температура до 50 ºС отражает верхнюю границу возможного теплового воздействия, связанного с повышенной температурой наружного воздуха и особенностями технологических режимов эксплуатации [6].

При увеличении диапазона температур температурное удлинение возрастает линейно как для стали, так и для полиэтилена, однако абсолютные

значения удлинения у полиэтилена значительно выше [7].

Для стали температурное воздействие проявляется следующим образом: из-за высокой жесткости материала даже умеренные температурные изменения вызывают значительные внутренние напряжения при жестком закреплении трубы. При понижении температуры стальная труба стремится сократиться. Если она зафиксирована, возникают растягивающие напряжения. При повышении температуры – наоборот, появляются сжимающие напряжения [8].

Полиэтилен реагирует на температуру значительно более заметно в плане изменения длины, при повышении температуры труба существенно удлиняется, возможны продольные перемещения; при понижении температуры труба заметно сокращается, увеличивается ее жесткость, возможны дополнительные усилия в местах закрепления. С ростом температуры снижается модуль упругости, при низких температурах материал становится более жестким [9].

Результаты расчета отражены в таблице 1 и на рис. 1.

Также на температурное удлинения влияют углы поворота отвода, поэтому важно выбрать такие, которые обеспечивают инженерную обоснованность, практическую применимость и наглядность результатов. Именно поэтому в расчетах целесообразно использовать углы 90º, 45º и 30º для стальных газопроводов и 90º, 45º, 30º и 11º для полиэтиленовых газопроводов.

Таблица 1

Расчет влияния перепада температуры на удлинение трубы

Расчетная эквивалентная длина, м	Коэффициент линейного расширения, мм/м· °С	Перепад температур наружного воздуха, °С	Температурное удлинение трубопровода, м
Сталь			
1	$12 \cdot 10^{-6}$	10	0,00012
		20	0,00024
		30	0,00036
		40	0,00048
		50	0,00060
Полиэтилен			
1	$180 \cdot 10^{-6}$	10	0,0018
		20	0,0036
		30	0,0054
		40	0,0072
		50	0,0090

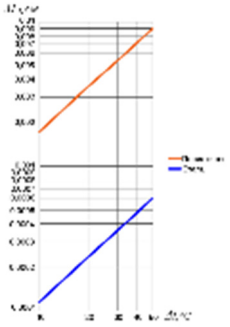


Рис. 1 Влияние изменения температуры на температурное удлинение стального и полиэтиленового трубопровода

Эти элементы выпускаются серийно, имеют нормативные размеры и широко применяются в строительстве. Выбор именно этих углов делает расчет:

- практически ориентированным;
- применимым к реальным проектам;
- понятым с точки зрения монтажных решений [10].

На рис. 2, 3 приведены графики удельных линейных удлинений, определенные по выражениям (1)-(5).

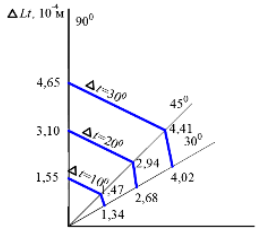


Рис. 2 Влияние угла поворота на температурное удлинение стального трубопровода

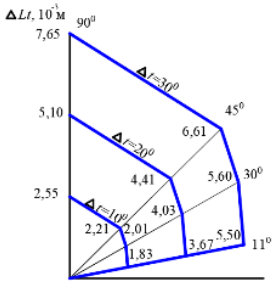


Рис. 3 Влияние угла поворота на температурное удлинение полиэтиленового трубопровода

Чем больше угол поворота, тем большая доля температурного удлинения может поглощена изгибом, и тем меньше продольных усилий передается дальше по трубопроводу.

Следовательно, компенсирующая способность отводов 11 и 30º относительно мала, а температурные удлинения в значительной степени передаются на соседние участки трубопровода. Отводы 45º обеспечивают промежуточную компенсирующую способность и широко применяются в газораспределительных сетях. У отводов 90º температурное удлинение реализуется преимущественно в виде изменения геометрии отвода, а не в виде продольного смещения труб.

Литература

1. Петербургский Д.А., Орлов В.А. Экспериментальные исследования изменения гидравлических характеристик трубопровода от температуры // Международный научно-исследовательский журнал. 2026. DOI: 10.60797/IRJ.2026.165.8.
2. Канарейкин А.И. Определение термоупругого состояния поверхности трубы цилиндрической формы // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2022. DOI: 10.31429/vestnik-22-2-72-79.
3. Справочник по трубопроводам / под ред. В.Г. Шухова. – М.: Недра, 1991.
4. Биргер И.А., Пановко Я.Г. Прочность, устойчивость, колебания. – М.: Машиностроение, 1988.
5. Серебренников Д.А., Якубовская С.В., Сысоев Ю.Г., Чекардовский М.Н. Экспериментальная оценка изменения механических свойств полиэтиленовой трубы при бестраншейной прокладке. Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-3. С. 45.
6. Ефремова Т.В., Сардина В.С., Жалнин В.В. Определение напряжений, возникающих при прокладке полиэтиленовых газопроводов. Инженерный Вестник Дона, 2023, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8424.
7. Barashkov V.N., Shevchenko Yu.M. Elastic-plastic stress-strain state and strength of thick-walled pipe under the action of internal pressure. Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1214. 2019. P. 012008.
8. Простаков Е.П. Теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода при использовании способа бесподъемной технологии его укладки// Инженерный Вестник Дона, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1309.
9. Budhe S., Banea M.D., de Barros S. Analysis of failure pressure of defective pipes repaired with composite systems considering the plastic deformation of pipe. Journal of The Institution of Engineers (India): Series C. 2020. Vol. 101. No. 6. P. 929-936.
10. Дамирова А.Д., Асанкулов Н.М., Керимкулов С.К., Салибаев А.М. Расчет дополнительных напряжений за счет прокладки полиэтиленовых газопроводов в сейсмических регионах. Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2023. № 3 (67). С. 1577-1581.

Study of temperature deformations of gas pipelines and the compensting capacity of branches

Efremova T.V., Frolov V.N.

Volgograd State Technical Universaty

JEL classification: L61, L74, R53

The article considers temperature deformations of steel and polyethylene gas pipelines that occur during operation under the influence of changes in ambient temperature and transported gas. A comparative analysis of temperature elongations of pipelines in the temperature range from 10 to 50 °C is carried out, taking into account the coefficients of linear expansion of materials. It is shown that polyethylene gas pipelines have significantly higher temperature elongations compared to steel ones, which is due to the peculiarities of the physical and mechanical properties of the material. The influence of the angles of rotation of the bends on the compensating ability of the pipeline system is investigated. The most common branch angles are considered - 30°, 45°, and 90° for steel gas pipelines, as well as 11° for polyethylene. It is established that an increase in the angle of rotation contributes to an increase in the ability of the tap to perceive temperature deformations due to bending deformation. The results obtained will allow us to assess the influence of temperature influences on the reliability and operational stability of gas distribution networks and can be used in the design of pipeline systems.

Keywords: temperature elongation, gas pipeline, polyethylene, steel, outlet, deformation, temperature, stress, compensation.

References

1. Peterburgskiy D.A., Orlov V.A. Mezhdunaronyy nauchno-issledovatelskiy zhurnal. 2026. DOI: 10.60797IRJ.2026.165.8.
2. Kanareykin A.I. Ekologicheskiy vestnik nauchnykh tsentrov ChES. 2022. DOI: 10.31429vestnik-22-2-72-79.
3. Spravochnik po truboprovodam [Pipelinehandbook] pod red. V.G. Shukhova. M.: Nedra, 1991.
4. Birger I.A., Panovko Ya.G. Prochnost, ustoychivost, kolebaniya [Strength, stability, vibrations]. M.: Mashinostroenie, 1988.
5. Serebrennikov D.A., YAkubovskaya S.V., Sysoev YU.G., CHekardovskij M.N. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 2-3. P. 45.
6. Efremova T.V., Sardina V.S., ZHalnin V.V. Inzhenernyj Vestnik Dona, 2023, № 5. URL: ivdon.rurumagazinearchiven5y20238424.
7. Barashkov V.N., Shevchenko Yu.M. Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1214. 2019. P. 012008.
8. Prostakov E.P. Inzhenernyj Vestnik Dona, 2012, № 4. URL: ivdon.rumagazine archiven4p2y20121309.

Обеспечение сохранности окружающей застройки при новом строительстве в условиях плотной городской застройки

Чередниченко Татьяна Федотовна
кандидат технических наук, доцент кафедры "Технологии строительного производства", Волгоградский государственный технический университет, tati_cher@mail.ru,

Тухарели Владислав Димитриевич
кандидат технических наук, независимый исследователь, mr-reb@yandex.ru,

Буряшева Екатерина Игоревна
магистр, кафедра "Технологии строительного производства", Волгоградский государственный технический университет, ekaterina.b.y.222@yandex.ru

В статье рассматривается проблема негативного влияния нового строительства на окружающую застройку в условиях плотной городской среды. Проанализированы основные факторы риска, связанные с разработкой котлованов, вибрационными воздействиями и деформациями грунтового массива. Выполнен обзор российских и зарубежных исследований в области геотехнической защиты и мониторинга. В качестве дополнительного инженерного решения предложена технология локального демпфирующего геотехнического барьера, предназначенного для снижения передачи вибрационных и деформационных воздействий через грунт. Рассмотрены принцип работы барьера, возможные материалы заполнения, особенности устройства и предварительная технико-экономическая оценка применения технологии.
Ключевые слова: плотная городская застройка, окружающая застройка, геотехнический барьер, демпфирование вибраций, строительные воздействия, геотехнический мониторинг, котлован, технологические осадки, динамические воздействия.

Развитие крупных городов всё чаще происходит не за счёт расширения территорий, а за счёт уплотнения уже существующей застройки. В условиях дефицита свободных площадок новое строительство переносится внутрь сложившейся городской среды рядом с жилыми домами, общественными зданиями, инженерными коммуникациями и транспортной инфраструктурой. В результате практически любое крупное строительство в мегаполисе сопровождается воздействием на окружающую застройку.

Масштабы строительной активности в России подтверждают устойчивость данной тенденции. По данным Росстата, в 2024 году в стране было введено 107,8 млн м^2 жилья, что соответствует 1358,9 тыс. квартир [1]. Одновременно Москва сохраняет высокие темпы освоения городской территории: только за 2024 год в столице введено около 14 млн м^2 недвижимости, в том числе 6,5 млн м^2 жилья; при этом органами строительного надзора проведено более 15 тыс. контрольно-надзорных мероприятий на объектах капитального строительства [2].

Рисунок 1 – Основные показатели строительной активности и надзора по г. Москва [Разработано авторами на основе статистических данных [1,2] с использованием Adobe Photoshop]

Несмотря на отсутствие отдельного федерального показателя строительства именно в условиях плотной городской застройки, статистика крупнейших городов показывает, что значительная часть новых объектов возводится в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений [1, 2].

Проблема носит системный и прикладной характер. По данным Мосгосстройнадзора, только в 2023 году в Москве было проведено 6005 проверок соблюдения санитарно-экологических требований на строительных площадках; оформлено 416 административных протоколов; рассмотрено свыше 3000 обращений граждан, из которых 1677 были связаны с шумом, мусором и иными негативными факторами строительства [3]. Кроме того, при 569 инструментальных измерениях строительного шума в 341 случае были зафиксированы превышения нормативных значений [3].

Рисунок 2 – Сводные данные по нарушениям и жалобами при строительстве в г. Москва по данным Мосгосстройнадзора [Разработано авторами с использованием Adobe Photoshop]

В материалах технических комиссий и надзорных органов фиксировались случаи появления трещин на фасадах, повреждений отмосток, деформаций внутренних конструкций и иных признаков негативного влияния строи-

тельства на соседние здания [2,4]. Подобные случаи показывают, что существующие меры защиты окружающей застройки в основном ориентированы на контроль возникающих последствий, тогда как задача локального снижения передачи деформационных и динамических воздействий через грунтовый массив остаётся недостаточно проработанной.

На этом фоне всё более актуальным становится поиск дополнительных инженерных решений, позволяющих снижать передачу строительных воздействий непосредственно в грунтовом массиве между строительной площадкой и существующей застройкой. Значительная часть существующих мероприятий ориентирована преимущественно на расчёт, мониторинг и контроль возникающих деформаций, тогда как локальные технологии демпфирования воздействий через грунтовый массив остаются недостаточно проработанными.

Научная проблема исследования заключается в отсутствии простой и воспроизводимой технологии локального снижения вибрационных, динамических и деформационных воздействий при строительстве в условиях плотной городской застройки.

В качестве рабочей гипотезы рассматривается возможность снижения негативного влияния строительства за счёт устройства демпфирующего геотехнического барьера в грунтовом массиве между источником воздействия и существующей застройкой.

Целью исследования является разработка и обоснование технологии локального демпфирующего геотехнического барьера, предназначенного для снижения передачи деформационных и динамических воздействий на окружающую застройку.

Одним из наиболее опасных факторов при строительстве в условиях плотной городской застройки являются вибрационные и деформационные воздействия, передающиеся через грунтовый массив на существующие здания. Наиболее интенсивно они проявляются при разработке котлованов, вибропогружении свай, устройстве «стены в грунте» и работе тяжёлой строительной техники.

Зарубежные исследования подтверждают возможность снижения подобных воздействий за счёт локальных демпфирующих зон в грунте. D.S. Liyanapathirana и S.D. Ekanayake показали эффективность «EPS geofoam» при ослаблении вибраций во время вибропогружения свай [5]. В работе A.Y. Akhtar и H.-H. Tsang установлено, что резино грунтовые смеси на основе вторичных материалов обладают выраженными демпфирующими свойствами и способны снижать передачу динамических нагрузок [6].

Российские исследования в большей степени сосредоточены на анализе деформаций окружающей застройки. По данным М.Г. Зерцалова, С.А. Казаченко и Д.С. Конюхова, на величину дополнительных осадок существенное влияние оказывают глубина котлована, расстояние до существующих зданий и характеристики грунтового массива [7]. А.М. Югов, Н.С. Новиков и А.С. Гаврилюк рассматривают геотехнический мониторинг как обязательный элемент сопровождения строительства в стеснённых условиях [8].

Отдельную опасность представляют технологические осадки, возникающие непосредственно в процессе выполнения работ. О.А. Шулятьев и соавторы отмечают, что при устройстве «стены в грунте» дополнительные осадки могут достигать 63 мм, а при устройстве грунтовых анкеров — более 40 мм [9]. Исследование П.А. Деменкова и В.В. Комолова дополнительно показывает, что пространственный характер работы грунтового массива существенно влияет на распределение деформаций при строительстве глубоких котлованов [10].

Рисунок 3 – Схема факторов воздействия нового строительства на окружающую застройку [Разработано авторами на основе анализа рассмотренных источников с использованием Adobe Photoshop]

На рисунке 3 представлена обобщённая схема основных факторов воздействия нового строительства на окружающую застройку, механизмов их проявления и возможных последствий для существующих зданий и сооружений.

В диссертационном исследовании [11] автор также рассматривает вопрос минимизации геотехнических рисков при строительстве в условиях плотной городской застройки. Однако при анализе работы видно, что исследование в большей степени сосредоточено на вопросах комплексного управления строительными процессами, мониторинга, расчётного прогнозирования и организационно технологического сопровождения подземного строительства.

В своей работе Д.С. Конюхов выполнил анализ и обработку данных по 39 объектам гражданского строительства и 115 объектам метрополитена, исследуя влияние различных технологий подземного строительства на напряжённо деформированное состояние грунтового массива и окружающей застройки [11]. Автор отмечает, что в зоне влияния одного котлована в среднем располагается от 5 до 7 существующих зданий, а в отдельных случаях их количество достигает 10–12 объектов [11]. При этом более 40 % аварийных ситуаций в подземном строительстве связано с нарушением технологии производства работ [11].

Отдельное внимание в исследовании уделяется вопросам геотехнического мониторинга, математического моделирования и управлению параметрами строительства. В работе подчёркивается, что существующая система контроля включает более 100 различных параметров, однако они в основном ориентированы на фиксацию и оценку последствий воздействия, а не на локальное снижение самого воздействия в грунтовом массиве [11].

Результаты [11] формируют важную научную и расчётную основу для понимания механизмов возникновения деформаций и геотехнических рисков при строительстве в условиях плотной городской застройки. Вместе с тем вопрос применения простой локальной инженерной технологии, способной снижать передачу вибрационных и деформационных воздействий непосредственно через грунтовый массив между строительной площадкой и существующей застройкой, в работе остаётся недостаточно раскрытым.

Ввиду чего предлагается обратить внимание на возможность реализации условно называемого локального демпфирующего геотехнического барьера.

Без учёта детальных укрупнённых расчётов предполагается, что такой барьер может устраиваться как дополнительная защитная зона между источником строительного воздействия и существующей застройкой. Например, при разработке квадратного котлована размером 10 × 10 м и наличии четырёх зданий, расположенных ориентировочно на расстоянии 10 м от его сторон, демпфирующий барьер может размещаться по периметру котлована либо локально со стороны наиболее уязвимых зданий.

Технология предполагает устройство в грунтовом массиве линейной зоны с пониженной жёсткостью и повышенными демпфирующими свойствами. Такая зона может выполняться в виде узкой траншеи, ряда скважин малого диаметра или комбинированного варианта. Траншейный вариант целесообразен при наличии свободной полосы между котлованом и существующим зданием. Скважинный вариант может применяться в более стеснённых условиях, когда устройство сплошной траншеи затруднено инженерными коммуникациями или ограниченной шириной прохода.

В качестве заполнителя могут использоваться песчано-резиновые смеси, резиновая крошка, EPS geofoam и иные лёгкие демпфирующие материалы. Их назначение заключается не в восприятии основной нагрузки, а в частичном рассеивании и поглощении энергии колебаний, а также в снижении жёсткости пути передачи воздействия через грунтовый массив [5, 6].

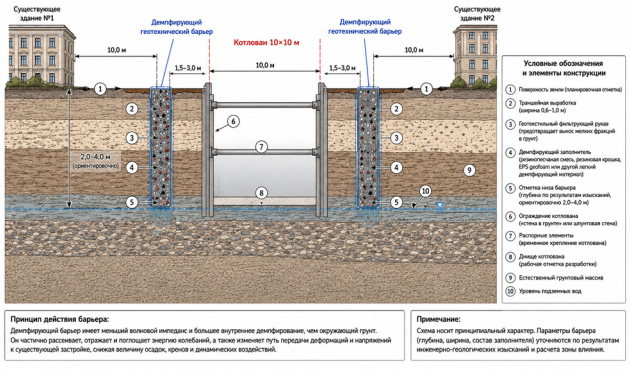


Рисунок 4 – Принципиальная схема устройства геотехнического демпфирующего барьера [Разработано авторами в рамках предлагаемой технологии]

При рассматриваемой схеме котлована 20х31м односекционного многоквартирного дома с размерами с осях 14х26 м барьер формируется

на расстоянии до 3м от бровки котлована. Глубина устройства барьера принимается до 4м с уточнением по результатам инженерно-геологических изысканий и расчёта зоны влияния строительства. Выбранные параметры позволяют перехватывать приповерхностную часть вибрационных и деформационных воздействий, распространяющихся в сторону существующей застройки. При необходимости защита может усиливаться дополнительным рядом скважинных демпфирующих элементов со стороны наиболее чувствительного здания.

Физический смысл предлагаемого решения состоит в создании буферной полосы между строительной площадкой и существующей застройкой. При возникновении колебаний от строительной техники, устройства свай или разработки котлована часть энергии рассеивается в демпфирующем заполнителе, а путь передачи деформаций через грунтовый массив изменяется. Барьер не заменяет ограждение котлована, усиление оснований или геотехнический мониторинг и рассматривается как дополнительная мера снижения воздействия.

Для применения технологии обязательными остаются обследование окружающей застройки, инженерно-геологические изыскания, расчёт зоны влияния котлована и инструментальный мониторинг. Эффективность барьера должна подтверждаться сравнением показателей до и после его устройства: уровней вибрации, осадок, раскрытия трещин и перемещений грунтового массива.

Предварительная технико-экономическая оценка показывает, что устройство локального демпфирующего геотехнического барьера не приводит к существенному увеличению общей стоимости строительства объекта. Напротив, применение подобного решения может рассматриваться как дополнительное превентивное мероприятие, позволяющее снизить вероятность повреждения окружающей застройки и связанных с этим затрат на восстановительные работы, усиление конструкций и судебные споры.

Для рассматриваемой схемы котлована размером 20x31м при устройстве барьера по периметру общая протяжённость демпфирующей зоны составит около 102м. При глубине барьера 4м и средней ширине траншеи 1 м общий объём демпфирующего заполнителя составит 408м^3. При использовании песчано-резиновой смеси, геотекстильной оболочки, а также с учётом разработки грунта и локального мониторинга стоимость устройства барьера может составлять от 2,1 до 2,4 млн руб. в зависимости от применяемых повышающих коэффициентов, инженерно-геологических условий площадки и степени стеснённости строительства.

Для сопоставления были использованы укрупнённые нормативы цены строительства НЦС 81-02-01-2025 «Жилые здания» [12]. Согласно нормативам Минстроя России, стоимость строительства многоквартирных жилых зданий средней и повышенной этажности составляет для 10-этажного односекционного 780 млн. руб., 16-этажного односекционного 920 млн. руб., 24-этажного односекционного 2 млрд. руб. [12].

Даже для относительно небольшого многоквартирного жилого дома доля затрат на устройство демпфирующего геотехнического барьера составит менее 1% общей стоимости строительства, что является приемлемым для локального решения по обеспечению безопасности и сохранности окружающих построек. Потенциальный эффект от снижения риска деформаций окружающей застройки и уменьшения вероятности аварийных ситуаций может существенно превышать стоимость самого мероприятия.

Литература

1. Росстат. О жилищном строительстве [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. 2025. URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/jil_stroi_2024.doc .
2. Владимир Ефимов: порядка 14 миллионов квадратных метров недвижимости построено в Москве в 2024 году [Электронный ресурс] // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. 2025. URL: stroi.mos.ru/press_releases/vladimir-iefimov-poriadka-14-millionov-kvadratnykh-mietrov-niedvizhimosti-postroieno-v-moskvie-v-2024-ghodu .
3. Экологические и санитарные нормы проверили на стройках Москвы [Электронный ресурс] // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. 2024. URL: stroi.mos.ru/news/ekologhichieskiie-i-sanitarnyie-normy-na-stroikakh-moskvy-provierili-bolieie-6-tys-raz-v-2023-ghodu .
4. Власти приостановили разрешение на строительство скандальной высотки в центре Воронежа [Электронный ресурс] // Горком36. 2025. URL: gorcom36.ru/content/vlasti-priostanovili-razreshenie-na-stroitelstvo-skandalnoy-vysotki-v-tsentre-voronezha/ .
5. Liyanapathirana D.S., Ekanayake S.D. Application of EPS geofoam in attenuating ground vibrations during vibratory pile driving // Geotextiles and Geomembranes. 2016. Vol. 44. No. 1. P. 59–69. DOI: 10.1016/j.geotexmem.2015.06.007. URL: sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266114415000904 .
6. Akhtar A.Y., Tsang H.-H. Dynamic properties of recycled polyurethane-coated rubber-soil mixtures // Case Studies in Construction Materials. 2023. Vol. 18. Article e01859. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e01859. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523000384 .
7. Зерцалов М.Г., Казаченко С.А., Конюхов Д.С. Исследование влияния разработки котлована на окружающую застройку // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 77–86. URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-razrabotki-kotlovana-na-okruzhayuschuyu-zastroyku .
8. Югов А.М., Новиков Н.С., Гаврилюк А.С. Геотехнический мониторинг при устройстве «стены в грунте» в стеснённых условиях // Вестник МГСУ. 2015. № 7. С. 57–68. URL: cyberleninka.ru/article/n/geotehnicheskiy-monitoring-pri-ustroystve-steny-v-grunte-v-stesnennyh-usloviyah .
9. Шулятьев О.А., Мозгачёва О.А., Минаков Д.К., Соловьёв Д.Ю. Определение технологических осадок фундаментов близлежащих зданий при устройстве стены в грунте, грунтовых анкеров и буроинъекционных свай // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 4. С. 129–141. URL: cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tehnologicheskih-osadok-fundamentov-blizlezhaschih-zdaniy-pri-ustroystve-steny-v-grunte-gruntovyh-ankerov-i .
10. Деменков П.А., Комолов В.В. Исследование влияния строительства глубоких котлованов на оседания массива в плоской и пространственной постановке // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 6. С. 97–110. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_6_0_97. URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-stroitelstva-glubokih-kotlovanov-na-osedaniya-massiva-v-ploskoy-i-prostranstvennoy-postanovke .
11. Конюхов Д.С. Разработка научно-методического обеспечения системы комплексного планирования стратегии реализации технологий городского подземного строительства с учетом геотехнических рисков: дис. … д-ра техн. наук. Москва: НИТУ МИСИС, 2023. URL: misis.ru/science/dissertations/2023/3673/ .
12. НЦС 81-02-01-2025. Укрупнённые нормативы цены строительства. Сборник № 01. Жилые здания : утв. приказом Минстроя России от 05.03.2025 № 137/пр. URL: minstroyrf.gov.ru/docs/420965/

Ensuring the Preservation of the Surrounding Development during New Construction in Dense Urban Environments

Cherednichenko T.F., Tukhareli V.D., Burnyasheva E.I.
Volgograd State Technical University

JEL classification: L61, L74, R53

This article examines the negative impact of new construction on surrounding developments in dense urban environments. The main risk factors associated with excavation work, vibration impacts, and soil deformations are analyzed. A review of Russian and international research in the field of geotechnical protection and monitoring is provided. A localized damping geotechnical barrier technology designed to reduce the transmission of vibration and deformation effects through the soil is proposed as an additional engineering solution. The barrier's operating principle, possible fill materials, design features, and a preliminary feasibility study are discussed.

Keywords: dense urban development, surrounding development, geotechnical barrier, vibration damping, construction impacts, geotechnical monitoring, excavation pit, process settlements, dynamic impacts.

References

1. Rosstat. O zhilishchnom stroitel'stve [Electronic resource]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki, 2025. URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/jil_stroi_2024.doc.
2. Vladimir Efimov: poryadka 14 millionov kvadratnykh metrov nedvizhimosti postroeno v Moskve v 2024 godu [Electronic resource]. Kompleks gradostroitel'noy politiki i stroitel'stva goroda Moskvy, 2025. URL: stroi.mos.ru/press_releases/vladimir-iefimov-poriadka-14-millionov-kvadratnykh-mietrov-niedvizhimosti-postroieno-v-moskvie-v-2024-ghodu.
3. Ekologicheskie i sanitarnye normy proverili na stroykakh Moskvy [Electronic resource]. Kompleks gradostroitel'noy politiki i stroitel'stva goroda Moskvy, 2024. URL: stroi.mos.ru/news/ekologhichieskiie-i-sanitarnyie-normy-na-stroikakh-moskvy-provierili-bolieie-6-tys-raz-v-2023-ghodu.
4. Vlasti priostanovili razreshenie na stroitel'stvo skandal'noy vysotki v tsentre Voronezha [Electronic resource]. Gorkom36, 2025. URL: gorcom36.ru/content/vlasti-priostanovili-razreshenie-na-stroitelstvo-skandalnoy-vysotki-v-tsentre-voronezha/.
5. Liyanapathirana D.S., Ekanayake S.D. Application of EPS geofoam in attenuating ground vibrations during vibratory pile driving. Geotextiles and Geomembranes, 2016, vol. 44, no. 1, pp. 59–69. DOI: 10.1016/j.geotexmem.2015.06.007. URL: sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266114415000904.
6. Akhtar A.Y., Tsang H.-H. Dynamic properties of recycled polyurethane-coated rubber-soil mixtures. Case Studies in Construction Materials, 2023, vol. 18, article e01859. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e01859. URL: sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523000384.
7. Zertsalov M.G., Kazachenko S.A., Konyukhov D.S. Issledovanie vliyaniya razrabotki kotlovana na okruzhayushchuyu zastroyku [Study of the influence of excavation development on surrounding buildings]. Vestnik MGSU, 2014, no. 6, pp. 77–86. URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-razrabotki-kotlovana-na-okruzhayuschuyu-zastroyku.

8. Yugov A.M., Novikov N.S., Gavrilyuk A.S. Geotekhnicheskiy monitoring pri ustroystve «steny v grunte» v stesnennykh usloviyakh [Geotechnical monitoring during diaphragm wall construction in confined conditions]. Vestnik MGSU, 2015, no. 7, pp. 57–68. URL: cyberleninka.ru/article/n/geotehnicheskiy-monitoring-pri-ustroystve-steny-v-grunte-v-stesnennyh-usloviyah.
9. Shulyat'ev O.A., Mozgacheva O.A., Minakov D.K., Solov'ev D.Yu. Opredelenie tekhnologicheskikh osadok fundamentov blizlezhashchikh zdaniy pri ustroystve steny v grunte, gruntovykh ankerov i buroinektsionnykh svay [Determination of technological settlements of foundations of nearby buildings during diaphragm wall, ground anchors and bored injection piles construction]. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo, 2016, no. 4, pp. 129–141. URL: cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tehnologicheskih-osadok-fundamentov-blizlezhaschih-zdaniy-pri-ustroystve-steny-v-grunte-gruntovyh-ankerov-i.
10. Demenkov P.A., Komolov V.V. Issledovanie vliyaniya stroitel'stva glubokikh kotlovanov na osedaniya massiva v ploskoy i prostranstvennoy postanovke [Study of the influence of deep excavation construction on soil mass settlement in plane and spatial formulation]. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten', 2023, no. 6, pp. 97–110. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_6_0_97. URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-stroitelstva-glubokih-kotlovanov-na-osedaniya-massiva-v-ploskoy-i-prostranstvennoy-postanovke.
11. Konyukhov D.S. Razrabotka nauchno-metodicheskogo obespecheniya sistemy kompleksnogo planirovaniya strategii realizatsii tekhnologiy gorodskogo podzemnogo stroitel'stva s uchetom geotekhnicheskikh riskov [Development of scientific and methodological support for a system of integrated planning of urban underground construction technologies implementation strategy considering geotechnical risks]. Doctoral dissertation. Moscow, NUST MISIS, 2023. URL: misis.ru/science/dissertations/2023/3673/.
12. NCS 81-02-01-2025. Enlarged standards for construction cost. Collection No. 01. Residential buildings. Approved by the Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation No. 137/pr dated March 5, 2025. Available at: minstroyrf.gov.ru/docs/420965/

Комплексный подход к реконструкции зданий на основе цифровых двойников: сочетание BIM-моделирования и наземного лазерного сканирования

Шиховцов Алексей Александрович
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, alexey_oc@mail.ru,

Чистобаева София Борисовна
студентка кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, andsb77@yandex.ru,

Чистобаев Максим Николаевич
студент кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, phoenixio@mail.ru,

Свинцицкий Дмитрий Леонидович
студент кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, d23062002@gmail.com,

Попова Елена Георгиевна
студентка кафедры технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет, shoykhetelena@gmail.com

В статье рассматривается комплексный подход к реконструкции зданий на основе использования цифровых двойников, формируемых путем интеграции информационных моделей зданий (BIM), данных наземного лазерного сканирования и результатов деформационного мониторинга. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения надежности и безопасности эксплуатируемых и реконструируемых зданий в условиях износа конструкций и ужесточения требований к обоснованию проектных решений. Цель работы заключается в теоретическом обосновании структуры и принципов функционирования цифрового двойника здания, ориентированного на задачи реконструкции и контроля деформаций, на основе анализа отечественных и зарубежных публикаций и обобщения практического опыта, представленного в литературе. Описываются состав и взаимосвязи основных компонентов цифрового двойника, роль наземного лазерного сканирования в формировании высокодетализированной геометрической подмодели, принципы интеграции облаков точек с BIM-моделью, а также общие организационно-технологические подходы к включению деформационного мониторинга в единое информационное пространство. Показано, что предлагаемая концепция позволяет систематизировать существующие решения и служит методической основой для последующей разработки частных регламентов и программного обеспечения для практической реализации цифровых двойников при реконструкции зданий.
Ключевые слова: цифровой двойник, реконструкция зданий, наземное лазерное сканирование, BIM-модель, строительные конструкции.

Реконструкция зданий в условиях плотной городской застройки является одним из стратегических направлений развития строительной отрасли Российской Федерации. При проведении работ связанных с реконструкцией зданий следует особое внимание уделять принятию обоснованных решений, рассмотрению особенностей окружающей застройки, а также изменению конструктивных и объемно-планировочных решений в процессе реконструкции. Усиление нормативных требований к надежности и безопасности зданий обусловливают необходимость подробного обследования объекта реконструкции.

Традиционные методы реконструкции базируются на фрагментарном документировании, обособленными областями изучениям объекта и на выборочных изменениях. Это ограничивает возможность комплексного пространственного анализа и затрудняет интеграцию накопленной информации на различных этапах жизненного цикла здания, что в последствии ведет к несоответствию между архивными проектными материалами и реальным положением конструкций. Нередко такие расхождения выявляются лишь на поздних стадиях реконструкции, что влечёт увеличение сроков и стоимости работ.

Развитие технологий информационного моделирования зданий (BIM), наземного лазерного сканирования (НЛС) и методов обработки облаков точек создает предпосылки для формирования цифровых двойников строительных объектов. Цифровой двойник – это цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность производства и бизнеса.[1] В данной статье рассматривается как информационно-геометрическая модель здания, структурно связанная с проектной BIM-моделью и дополняемая данными натурных измерений, что позволяет увязать виртуальное представление объекта с реальными условиями его существования.

Принципиальное отличие предлагаемой концепции от традиционной BIM-модели состоит в её ориентации не только на проектный замысел, но и на фактическое, верифицированное натурными измерениями состояние объекта на каждый момент времени. Если классическая BIM-модель отражает проектные параметры и, как правило, не обновляется систематически по мере физических изменений здания, то цифровой двойник в предлагаемом понимании является актуализируемым цифровым представлением объекта, синхронизация которого с реальным состоянием конструкций осуществляется дискретно — по результатам очередных циклов натурных измерений.

В данной работе рассматривается обоснование выгодности использования цифрового двойника при реконструкции зданий на основе теоретических данных без экспериментальных исследований.

Цель исследования комплексного подхода к реконструкции зданий на основе цифровых двойников, формируемых при интеграции BIM-моделей и данных наземного лазерного сканирования заключается в выявлении достоинств и недостатков данного метода, а также обозначение организационно-технологических подходов для интеграции результатов наземного лазерного сканирования в цифровой двойник.

Исходя из целей можно сформировать следующие ключевые задачи:

— провести анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвящённых применению BIM, НЛС и цифровых двойников в строительстве и реконструкции зданий;

— сформулировать определение цифрового двойника здания в контексте задач реконструкции и контроля деформаций;

— разработать концептуальную структурную схему цифрового двойника и определить функции его ключевых компонентов;

— описать роль наземного лазерного сканирования в формировании геометрической подмодели цифрового двойника и увязке её с BIM-моделью;

— обосновать общие организационно-технологические подходы к включению деформационного мониторинга в цифровой двойник здания;

— выявить ожидаемые эффекты от внедрения цифровых двойников в практику реконструкции и направления дальнейших исследований.

Применение наземного лазерного сканирования в строительстве

Сущность наземного лазерного сканирования заключается в измерении с высокой скоростью расстояний от сканера до точек объекта и регистрации соответствующих направлений (вертикальных и горизонтальных углов), следовательно, измеряемые величины при наземном лазер-

ном сканировании являются аналогичными, как и при работе с электронными тахеометрами. [2]. Наземное лазерное сканирование нацелено на формирование области точек, что позволяет получить более детализированную геометрию различных объектов: несущих конструкций, фасадов и инженерных систем.

Основным преимуществом лазерного сканирования по сравнению с традиционными методами тахеометрической и даже спутниковой съемок является очень высокая производительность. [2] В литературе отмечается широкое применение НЛС при решении задач исполнительной съемки, обследования и реконструкции объектов, а также при мониторинге деформаций и смещений [3]. Преимуществами технологии являются высокая производительность, возможность работы с труднодоступными участками, а также интеграция результатов с другими видами геодезических и инженерных измерений.

BIM-технологии обеспечивают создание и сопровождение информационных моделей зданий, объединяющих архитектурно-конструктивные решения, инженерные системы, технологические и экономические параметры [4]. Внедрение BIM повышает прозрачность процессов проектирования и строительства, облегчает координацию между участниками проекта и способствует снижению количества проектных и монтажных коллизий.

При реконструкции зданий BIM-модели могут служить основой для анализа вариантов перепланировки, усиления конструкций и модернизации инженерных систем. Вместе с тем без систематической увязки с фактическим состоянием объекта, полученным в результате натурных измерений, потенциал BIM-моделей реализуется не в полной мере.

Концепция цифровых двойников, изначально сформировавшаяся в машиностроении и промышленности, в последние годы активно развивается применительно к строительной отрасли [5]. Цифровой двойник строительного объекта рассматривается как динамическая виртуальная модель, синхронизированная с реальным объектом посредством потоков данных от сенсоров, измерительных систем и других источников информации.

Исследователи отмечают, что в отличие от традиционной BIM-модели, цифровой двойник должен включать не только геометрию и атрибутивную информацию, но и данные о состоянии конструкций, условиях эксплуатации, результатах мониторинга, а также механизмы анализа и прогнозирования [5].

В рамках настоящей работы под цифровым двойником здания для задач реконструкции понимается интегрированная информационно-геометрическая модель, включающая в себя как проектную BIM-модель, описывающую проектные характеристики объекта, так и геометрическую модель фактического состояния конструкций, формируемую на основе облаков точек НЛС и других методов измерений. В качестве основы для анализа отклонений в цифровой двойник внедряется база данных деформационного мониторинга, содержащую результаты наблюдений за перемещениями и деформациями конструкций во времени и аналитический модуль, обеспечивающий сравнение проектных и фактических параметров, визуализацию отклонений и поддержку инженерных решений.

Указанные компоненты объединяются в едином координатном и информационном пространстве, в рамках которого обеспечивается согласованное хранение, обновление и использование данных.

Наземное лазерное сканирование в структуре цифрового двойника выполняет функцию основного средства высокоточного геометрического описания фактического состояния здания. Облака точек, полученные в результате НЛС, позволяют формировать трехмерные модели наружных и внутренних поверхностей конструкций, что обеспечивает основу для построения и актуализации BIM-моделей по фактическому состоянию, а также выявлять отклонения геометрических параметров от проектных значений;

Процедура получения геометрической подмодели включает съёмку с нескольких позиций, регистрацию сканов в единой системе координат по мишеням или методом ICP, фильтрацию шумов и сегментацию конструктивных элементов. Для задач моделирования несущих конструкций рекомендуемая плотность облака точек составляет не менее 5–10 мм, что соответствует международной практике обследования зданий.

Одним из этапов функционирования цифрового двойника является интеграция облаков точек НЛС с BIM-моделью. Прежде всего производится приведение облаков точек к единой системе координат, согласованной с проектной моделью и геодезической разбивочной основой, затем выполняется совмещение геометрических представлений облаков точек и BIM-элементов по опорным конструкциям. Следующим шагом выступает формирование карт отклонений геометрических характеристик (вертикальность, плоскостность, положение в плане) для отдельных элементов и здания в целом. В заключении происходит актуализация BIM-модели на основе данных НЛС при существенных отличиях фактической геометрии от проектной.

Интеграция НЛС и BIM обеспечивает переход от разрозненных наборов данных к единому цифровому представлению объекта, пригодному для анализа, принятия решений и документирования.

Деформационный мониторинг в структуре цифрового двойника может включать различные типы наблюдений: геодезические измерения смещений и осадок, контроль раскрытия трещин, данные датчиков и повторные НЛС-съемки. В рамках концепции цифрового двойника предлагается формировать централизованную базу данных мониторинга, связующую результаты измерений с конкретными конструктивными элементами в BIM-модели, включая возможность сопоставления многократных циклов наблюдений во времени, в том числе в форме карт смещений и деформаций. Результаты мониторинга могут быть использованы для корректировки проектных решений по усилению и реконструкции, а также для уточнения расчетных моделей.

Таким образом, цифровой двойник выступает не только средством фиксации текущего состояния объекта, но и платформой для анализа его изменения во времени.

При использовании цифровых двойников и методов наземного лазерного сканирования при реконструкции предполагается повышение точности оценки степени разрушения, деформаций, отклонений геометрии конструкций за счёт формирования и обработки облака точек с помощью НЛС и других методов натурных измерений. Так же к положительным эффектам можно отнести улучшение координации между участниками проекта реконструкции из-за возможности совместной работы в единой актуализированной модели объекта, что так же способствует снижению риска возникновения коллизий между проектными решениями и фактическим состоянием объекта реконструкции. Формирование единой базы данных мониторинга позволит проводить более точный и тонкий анализ различный вариантов усиления конструкций, утративших свои характеристики, а также реконструкции объекта из-за проведения сравнения фактической и проектной модели. Это обеспечивает возможность построения временных рядов деформаций, сопоставления многократных циклов наблюдений в форме карт смещений, а также использования результатов мониторинга для корректировки проектных решений по усилению и реконструкции и уточнения расчётных конечно-элементных моделей. Таким образом, цифровой двойник выступает не только средством фиксации текущего состояния объекта, но и платформой для анализа его изменений во времени.

К основным областям применения подхода на основе цифровых двойников и методов наземного лазерного сканирования относятся промышленные объекты с высокоразвитой инженерной инфраструктурой, требующие модернизации, замены оборудования; здания историко-культурного наследия, требующие реставрации; объекты повышенной ответственности, где необходим углубленный и постоянный контроль деформаций.

Предлагаемая концепция цифрового двойника здания для задач реконструкции опирается на уже сложившиеся направления развития BIM-технологий, НЛС и деформационного мониторинга. Вместе с тем практическая реализация комплексного подхода связана с рядом проблем и ограничений.

Использования цифровых двойников и методов НЛС при реконструкции затрудняется из-за необходимости стандартизации форматов данных и процедур их обмена между различными программными комплексами и требования к повышению к квалификации специалистов, работающих с цифровыми двойниками, что влечёт за собой дополнительные затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования и программных средств.

Дальнейшее развитие исследований в данной области может быть направлено на разработку методик оценки эффективности внедрения цифровых двойников, уточнение требований к точности исходных данных в зависимости от класса ответственности здания, а также на создание типовых регламентов для различных категорий объектов.

Литература

1.Гончаров А. С., Саклаков В. М. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии. elibrary.ru (2018). — Статья в сборнике трудов Всероссийской научно-практической конференции. Дата обращения: 28 апреля 2019.

2.Середович В. А., Комиссаров А. В., Комиссаров Д. В., Широкова Т. А. «Наземное лазерное сканирование» \\ Новосибирск: СГГА, 2009. — 261 с.

3. Vosselman G., Maas H.-G. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Dunbeath: Whittles Publishing, 2010. 318 p.

4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Lee G. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.

5. Boje C., Guerriero A., Kubicki S., Rezgui Y. Towards a semantic Construction Digital Twin: directions for future research // Automation in Construction. 2020. Vol. 114. 103179. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103179.

A comprehensive approach to building reconstruction based on digital twins: a combination of BIM modeling and terrestrial laser scanning

Shikhovtsov A.A., Chistobaeva S.B., Chistobaev M.N., Svintsitsky D.L., Popova E.G.
Kuban State Technological University

JEL classification: L61, L74, R53

The article discusses a comprehensive approach to building reconstruction based on the use of digital twins generated by integrating building information models (BIM), ground-based laser scanning data, and deformation monitoring results. The relevance of the topic is due to the need to improve the reliability and safety of existing and reconstructed buildings in the context of structural deterioration and increased requirements for justifying design solutions. The purpose of the work is to provide a theoretical basis for the structure and principles of operation of a digital twin of a building focused on reconstruction tasks and deformation monitoring, based on an analysis of domestic and foreign publications and a summary of practical experience presented in the literature. The paper describes the composition and interconnections of the main components of a digital twin, the role of terrestrial laser scanning in the formation of a highly detailed geometric submodel, the principles of integrating point clouds with a BIM model, and general organizational and technological approaches to integrating deformation monitoring into a single information space. The paper shows that the proposed concept allows for the systematization of existing solutions and serves as a methodological basis for the subsequent development of specific regulations and software for the practical implementation of digital twins in the reconstruction of buildings.

Keywords: digital twin, building reconstruction, ground-based laser scanning, BIM model, building structures.

References

1. Goncharov A. S., Saklakov V. M. Digital Twin: An Overview of Existing Solutions and Prospects for Technology Development. elibrary.ru (2018). — Article in the collection of works of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Accessed on April 28, 2019.
2. Seredovich V. A., Komissarov A. V., Komissarov D. V., Shirokova T. A. Terrestrial Laser Scanning. Novosibirsk: SGGA, 2009. 261 p.
4. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Lee G. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018. 688 p.
5. Boje C., Guerriero A., Kubicki S., Rezgui Y. Towards a semantic Construction Digital Twin: directions for future research // Automation in Construction. 2020. Vol. 114. 103179. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103179.

К вопросу об определении нелинейной жёсткости железобетонного ограждения котлована

Колесник Дмитрий Сергеевич
Генеральный директор ООО "ПрофСпецСтрой-ГРУПП",
kolesnik.pb@gmail.com,

Шеина Екатерина Александровна
студент, кафедра геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, sheinaekaterina20@yandex.ru,

Башмаков Иван Борисович
старший преподаватель, кафедра геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 179bib@gmail.com,

Осокин Анатолий Иванович
доктор технических наук, кафедра геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, geostroy-osokin@mail.ru

Проектирование ограждений глубоких котлованов в условиях плотной городской застройки требует высокой точности прогнозирования деформаций. Традиционные расчетные модели, основанные на предположении о линейно-упругой работе железобетона (с использованием начальной жесткости сечения EI), часто приводят к занижению горизонтальных прогибов и неверной оценке изгибающих моментов. Это создает риски для устойчивости ограждения и безопасности прилегающих зданий.
Анализ существующих подходов к учету физически нелинейной работы железобетона и разработка уточненной методики определения приведенной (эффективной) жесткости ограждающих конструкций (стенок в грунте, буронабивных свай, шпунтовых рядов) при их взаимодействии с массивом грунта. Показано, что учет нелинейной жесткости, снижающейся по мере роста изгибающего момента и развития трещин, позволяет повысить точность прогнозирования горизонтальных перемещений ограждения на 20–40% по сравнению с классическим линейным подходом. Предложена инженерная методика расчета эффективной жесткости на основе аппроксимации нелинейных зависимостей «момент–кривизна» для характерных сечений ограждения.
Ключевые слова: траншейная стена в грунте, буронабивные сваи, нелинейная работа железобетона, нелинейная деформационная модель железобетона, слабые глинистые грунты, plaxis.

Введение

Устройство ограждающих конструкций и последующая экскавация котлована связаны с определёнными рисками. Примером могут служить неравномерные дополнительные осадки окружающей исторической застройки [1] или разрушение подземных коммуникаций. Зачастую задача осложняется грунтовыми условиями площадки строительства. Например, центральная часть г. Санкт-Петербурга характеризуется наличием мощной толщи слабых глинистых грунтов озерно-ледникового генезиса (lg_{III}) в верхней части геологического разреза. Для ограждения котлована в подобных условиях применяются: металлический шпунт, траншейная «стена в грунте» [2] или ограждение из касательных (секущихся) свай [3].

Выбор той или иной технологии определяется экономической целесообразностью и требованиями безопасности. Например, траншейная стена в грунте практически исключает технологические осадки окружающей застройки при этом являясь самой дорогой. Для металлического шпунта ситуация обратная вследствие возможности его многократного использования. Сравнению геотехнических рисков при использовании различных типов ограждений в исторической застройке Санкт-Петербурга посвящено исследование Р. А. Мангушева и А. И. Осокина [4].

В настоящее время одной из проблем расчёта ж. б. конструкций подпорных стен является определение их деформаций, вызванных ползучестью бетона. Например, согласно работам Н. А. Евсеева [5,6] учёт нелинейной работы железобетона позволяет более реалистично описать взаимодействие основания и здания, а использование нормативных коэффициентов жёсткости приводят к завышению изгибной жёсткости сооружения.

Также стоит сказать, что иногда в качестве ограждений котлована применяются сваи заводского изготовления. В книге Б. И. Далматова 1975 г. [7] в табличном виде даны начальные жёсткости свай в зависимости от их армирования. А в методических рекомендациях, составленных Я. Ш. Зиязовым [8] в 1974 г. предложена методика нелинейного расчёта изгибаемых железобетонных заводских свай, попадающих в зону влияния откоса или траншеи. Жёсткость свай предлагается принимать по номограммам в зависимости от их армирования и действующего момента. Аналогичные номограммы для свай Fundex приводятся в работе [9].

Краткий обзор иностранных исследовательских работ деформаций ползучести геотехнических конструкций приведён в статье З. Г. Тер-Мартиросяна [10]. Необходимо отметить руководство [11], которое предписывает снижать жёсткость подпорных стен в зависимости от стадийности: на 30% для строительства (кратковременная жёсткость) и на 50% для эксплуатации (длительная жёсткость).

В соответствии с СП 430.1325800.2018 (СП 52-103-2007) расчёт ж. б. конструкций необходимо проводить в несколько этапов. На первой стадии, когда армирование неизвестно, нелинейная работа элементов учитывается понижением линейной жёсткости с помощью условных понижающих коэффициентов. Для последующих стадий предписывается определять нелинейную жёсткость ж. б. конструкций с учётом их фактического армирования и процессов развития неупругих деформаций в бетоне и арматуре.

На практике расчёты траншейной стены в грунте и свайных ограждений, принято проводить одним этапом. Обычно применяют понижающий коэффициент равный 0.6. Здесь наблюдается некоторое несоответствие: ограждающая конструкция котлована чаще всего работает на изгиб, а коэффициент регламентирован для преимущественно сжатых элементов (СП 430.1325800.2018).

Ниже кратко описаны наиболее часто используемые расчётные подходы к построению диаграмм деформирования железобетонных элементов.

Использование условных понижающих коэффициентов (график 1 на рис. 1)

Как уже было сказано выше, в первом приближении, изгибная жёсткость ж. б. ограждения котлована вычисляется следующим образом:

$$D = 0{,}6E_bI \quad (1)$$

где, 0,6 - условный понижающий коэффициент, E_b – начальный модуль деформации бетона, I – момент инерции только бетонного сечения без учёта арматуры.

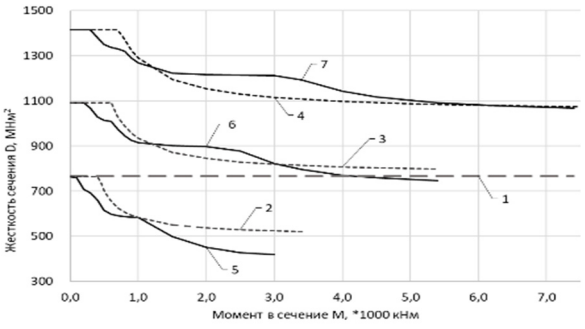


Рисунок 1 - *График зависимости изгибной жёсткости сечения D (МНм²) от изгибного момента (кНм), для стены в грунте h=800мм: 1) Условный понижающий коэффициент 2) Аналитический метод при $\mu_s = 2\ \%$ 3) при $\mu_s = 2\ \%$ 4) при $\mu_s = 4\ \%$ 5) НДМ при $\mu_s = 2\ \%$ 6) НДМ при $\mu_s = 2\ \%$ 7) НДМ при $\mu_s = 4\ \%$*

Очевидным недостатком метода является тот факт, что значение самого коэффициента не регламентировано для конструкций, работающих в грунте.

Метод предельных состояний (2 (3, 4) на рис. 1)

В соответствии с формулой 8.143 (СП 63.13330.2018) изгибная жёсткость ж. б. элемента:

$$D = E_{b1} I_{red} \qquad (2)$$

где, E_{b1} – модуль деформации бетона, I_{red} – момент инерции приведённого поперечного сечения определяемый с учётом наличия или отсутствия трещин.

Модуль деформации бетона при продолжительном действии нагрузки (B25):

$$E_{b1} = E_b/(1 + \varphi_{b,cr}) = 30000/(1 + 1{,}8)\ (\text{МПа}) = 10714\ (\text{МПа}) \qquad (3)$$

где, $\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести бетона, который зависит от класса бетона и относительной влажности окружающего воздуха.

Здесь и далее приняты ограждающие ж. б. конструкции, твердеющие в грунтах со степенью водонасыщения $S_r > 0.8 - 0.9$, характерных для центральной части г. Санкт-Петербурга. Коэффициент $\varphi_{b,cr}$ принят равным 1.8 по табл. 6.12 СП 63.13330.2018 в соответствии с исследованием [10].

График зависимости $D(M)$ очевидно будет иметь перелом при $M = M_{crc}$, однако нормативный способ определения момента трещинообразования не учитывает прочность бетона и наличие арматуры. В исследовании [12] показано, что погрешность вычисления M_{crc} по методике СП 63.13330.2012 составляет от +64% до -17% по сравнению с экспериментальными данными. Для построения графика 2 (3, 4) принято значение момента трещинообразования по методике, предложенной в исследовании [13].

Расчёт на основании нелинейной деформационной модели железобетона (5 (6, 7) рис. 1)

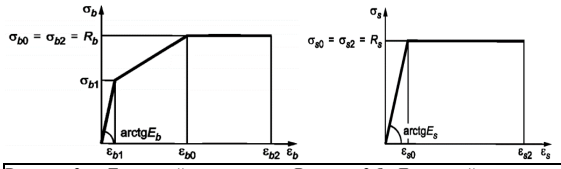


Рисунок 2,а - Трехлинейная диаграмма сжатого бетона σ (МПа) - ε (ед.) по п. 6.1.20

Рисунок 2,б - Двухлинейная диаграмма состояния растянутой арматуры σ (МПа) - ε (ед.) по п. 6.2.15

В соответствии с СП 63.13330.2018 (п. 6.1.23 - п. 6.1.28) расчёт нелинейной жёсткости ж. б. элемента проводится на основании нелинейной деформационной модели материала (НДМ). Основанием для расчёта служат диаграммы зависимости напряжения от деформации материала.

Для описания работы бетона под нагрузкой чаще всего применяется двухлинейная или трехлинейная (рис. 2,а) диаграмма состояния, а криволинейная на практике применяются достаточно редко [14,15]. Для арматуры класса А240-А500 применяется двухлинейная диаграмма (рис. 2,б) по типу диаграмм Прандтля. Переломы на графиках 5 (при $M = 1500$ кНм), 6 (2500 кНм), 7 (3000 кНм) связаны с достижением в сжатом бетоне напряжений σ_{b1} (перелом графика на рис. 2,а).

Актуальность исследования

На рис. 1 приведены графики зависимости изгибной жёсткости панели траншейной стены в грунте шириной 800мм от действующего момента для случая чистого изгиба. Рассматривается захватка длиной один метр. Здесь и далее в расчётах принят класс бетона B25, армирование арматурой класса А500. Как можно убедиться результаты расчёта жесткостных параметров элемента методом предельных состояний и на основании НДМ сильно отличаются от результатов вычисленных общепринятым методом условных понижающих коэффициентов. Также стоит отметить значительное влияние процента армирования на жёсткость массивных геотехнических конструкций (рис. 1).

Таким образом можно утверждать применение единого коэффициента 0.6 не согласуется с расчётами проверенными более современными методами.

Задачи исследования

Задачей данного исследования является определение условных понижающих коэффициентов для стандартных типоразмеров ж. б. ограждающих конструкций котлована в зависимости от их армирования и действующего момента в условиях г. Санкт-Петербурга. Также в исследовании проведена практическая оценка учёта жёсткости ограждения вычисленной на основание НДМ на напряжено-деформируемое состояние конструкций котлована.

1. Методика эксперимента и теоретические подходы

Объект исследования

Объектом исследования в данной работе являются железобетонные ограждения котлованов. Рассматривалась траншейная стена в грунте шириной 800 (1000, 1200) мм из бетона класса B25. Принята арматура класса А500, при $\mu_s = 2(3{,}4)\ \%$. Сжатая арматура назначалась так, чтобы сечение получилось нормально армированным, то есть выполнялось условие $x = x_R$ (рис. 3). Также изучалось ограждение из буронабивных свай диаметром 800 (1000, 1200) мм с аналогичными параметрами материалов (рис. 3).

Рассматриваемые типоразмеры (табл. 1) перекрывают практически весь спектр применяемых на практике конструкций ограждений. Для ограждения из БНС характеристики даны на одну сваю.

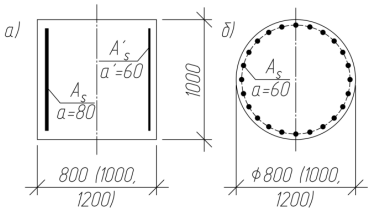


Рисунок 3 - *Рассматриваемые типоразмеры свай а) траншейная СвГ б) буронабивная свая*

Методика исследования

В данном исследовании расчёты проводились в программном комплексе ЛИРА САПР 2024, в подсистеме «инженерная нелинейность 2». Данная подсистема позволяет проводить расчёт напряжённо деформированного состояния элемента с учётом наличия или отсутствия трещин на основании НДМ. Таким образом по результатам расчёта определяется насколько тот или иной фактор (ширина раскрытия трещин, процент армирования, характеристики принятых материалов, действующие внутренние усилия) будут влиять на жёсткость деформированного элемента.

Сваи моделировались стержневыми нелинейными элементами (КЭ 210). Была выбранная трехлинейная модель деформирования бетона как наиболее часто применяемая на практике. В настоящем исследовании для трехлинейной диаграммы состояния бетона (рис. 2) приняты следующие характеристики материалов (B25): $\sigma_{b0} = \sigma_{b2} = R_b = -18.5$ (МПа); $\sigma_{b1} = 0{,}6 * R_b = -11.5$ (МПа); $\varepsilon_{b2} = -0{,}0042$; $\varepsilon_{b0} = -0{,}003$; $\varepsilon_{b1} = \sigma_{b1}/E_{b1} = -11.5\ \text{МПа}/10714\ \text{МПа} = -0{,}001$;Для двухлинейной диаграммы (рис. 4) состояния арматуры (А500): $\sigma_{s0} = \sigma_{s2} = R_s = 500$ (МПа); $\varepsilon_{s2} = 0{,}0025$; $\varepsilon_{s0} = 0{,}0025$.

Нелинейные жёсткости рассчитывались для каждого типоразмера ограждающей конструкции, конструктивная схема элемента - чистый изгиб. Условные коэффициенты снижения жёсткости $k = D_{NDM}/E_b I$ вычислялись как отношение полученной расчётом жёсткости к жёсткости только бетонного сечения при различных величинах действующего момента.

Практическая оценка результатов

Для практической оценки влияния учёта нелинейной изгибной жёсткости на напряжённо-деформированное состояние ограждения котлована и окружающего грунтового массива было выполнено численное моделирование в специализированном геотехническом программном комплексе Plaxis 2D.

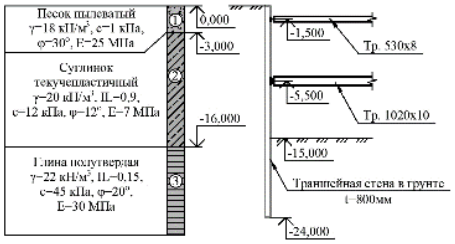


Рисунок 4,а - *Рассмотренная расчётная схема ограждения котлована с указанием характеристик грунтов основания и параметров конструкций ограждения котлована;*

Рассмотрен расчётный сценарий экскавации котлована глубиной 15 м в инженерно-геологических условиях, характерных для центральной части г. Санкт-Петербурга. Ограждающая конструкция: траншейная стена в грунте толщиной 800 мм. Параметры армирования даны в табл. 1, жесткостные характеристики см. рис. 1. Крепление осуществлено двумя ярусами распорок. Параметры расчётной схемы, включая стратиграфию и расположение конструкций, а также общий вид конечно-элементной модели представлены на рис. 4 (а,б).

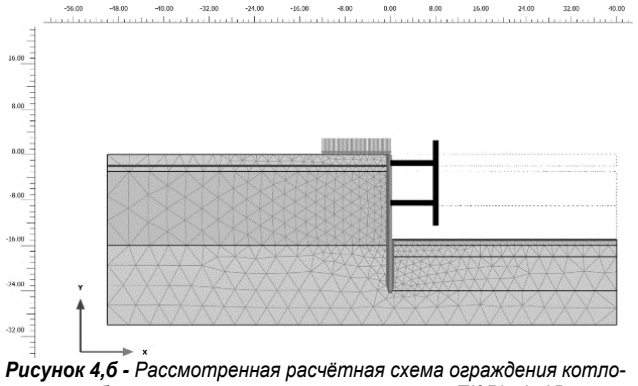


Рисунок 4,б - *Рассмотренная расчётная схема ограждения котлована с разбиением сетки конечных элементов в ПК Plaxis 2D.*

Для проведения сравнительного анализа было рассмотрено шесть расчётных случаев, различающихся моделью жёсткости стенки: три случая с нелинейной жёсткостью, определяемой в зависимости от процента армирования: $\mu_s = 2\ (3,4)$ %; три случая с линейной (условно-постоянной) жёсткостью;

с начальной жёсткостью бетонного сечения ($k = 1.0$); с понижающим коэффициентом $k = 0.6$; с понижающим коэффициентом $k = 0.3$.

В рамках проведённого моделирования контролировались ключевые параметры, определяющие работоспособность конструкции и безопасность окружающей застройки. К таким параметрам относились: величины изгибающих моментов (M, кН·м), возникающих в теле ограждающей конструкции; горизонтальные смещения (Ux, мм) верха стены и по её глубине; продольные усилия (N, кН) в элементах распорной системы.

2. Результаты и их обсуждение

Основные результаты

Вычисленные условные коэффициенты значительно отличаются от применяемых на практике $k = 0.6$ (табл. 1). Отметим, что для каждой рассмотренной технологии и типоразмера конструкции данный коэффициент в первую очередь зависит от процента армирования и в меньшей степени зависит от действующего момента в «рабочем» диапазоне от $0.5M_{ult}$ до $0.9M_{ult}$.

Таблица 1

Характеристики ограждающих конструкций													
Тип		A_s,	μ,	A'_s,	M_{ult},		E_bI,	k=D_{NDM} / E_bI,					
								% от M_{ult}					
		cm^2	%	cm^2	kNm		MNm^2	0	25	50	70	90	100
СвГ 800	1	144	2,0	25,6	3425		1280	0,60	0,46	**0,43**	**0,36**	**0,33**	0,33
	2	216	3,0	97,6	5450	+59%		0,85	0,70	**0,66**	**0,61**	**0,59**	0,58
	3	288	4,0	169,6	7475	+118%		1,11	0,95	**0,91**	**0,86**	**0,84**	0,83
СвГ 1000	1	184	2,0	32,7	5600		2500	0,62	0,50	**0,46**	**0,39**	**0,36**	0,35
	2	276	3,0	124,7	9000	+62%		0,91	0,77	**0,73**	**0,67**	**0,64**	0,64
	3	368	4,0	216,7	12375	+123%		1,19	1,04	**1,00**	**0,94**	**0,92**	0,92
СвГ 1200	1	224	2,0	39,8	8350		4320	0,64	0,52	**0,48**	**0,41**	**0,38**	0,29
	2	336	3,0	151,8	13400	+60%		0,95	0,81	**0,77**	**0,71**	**0,68**	0,68
	3	448	4,0	263,8	18475	+121%		1,25	1,10	**1,06**	**1,00**	**0,98**	0,98
БНС 800	1	100,5	2,0	-	1150		603	0,54	0,38	**0,33**	**0,31**	**0,29**	0,27
	2	150,8	3,0	-	1625	+82%		0,64	0,48	**0,43**	**0,42**	**0,41**	0,37
	3	201,1	4,0	-	2100	+133%		0,73	0,59	**0,54**	**0,52**	**0,51**	0,46
БНС 1000	1	150,8	2,0	-	2250		1473	0,55	0,38	**0,33**	**0,32**	**0,27**	0,27
	2	238,8	3,0	-	3325	+91%		0,66	0,51	**0,46**	**0,45**	**0,42**	0,39
	3	314,2	4,0	-	4225	+141%		0,76	0,61	**0,57**	**0,55**	**0,54**	0,49
БНС 1200	1	226,2	2,0	-	4075		3054	0,56	0,40	**0,35**	**0,34**	**0,32**	0,28
	2	339,3	3,0	-	5800	+33%		0,67	0,52	**0,47**	**0,46**	**0,44**	0,40
	3	452,4	4,0	-	7475	+60%		0,78	0,63	**0,59**	**0,57**	**0,55**	0,52

Жёсткость траншейной стены в грунте, вычисленная на основании НДМ при $\mu_s = 2$ %, оказалась значительно ниже принимаемой для расчётов на практике (при $k = 0.6$). Таким образом фактические перемещения СвГ (и дополнительные осадки окружающей застройки) могут оказаться больше предполагаемых. С другой стороны, при проценте армирования $\mu_s = 3(4)$ % жёсткость превышает расчётную на величину до +77%. Вероятно, это приводит к избыточному запасу при расчётах по второй группе предельных состояний.

Для буронабивных свай при $\mu_s = 4$ % применение коэффициента $k = 0.5 - 0{,}6$, по всей видимости, вполне оправдано. При $\mu_s = 2(3)$ % необходимо применять меньшие понижающие коэффициенты (вплоть до $k = 0.3$ как для изгибаемых элементов по СП 430.1325800.2018).

Практическая оценка

В результате численного моделирования в Plaxis 2D получены следующие результаты:

1) Учёт процессов ползучести бетона и фактического армирования конструкции оказывает существенное влияние на результаты расчёта ограждения котлована. Для рассмотренной стены в грунте толщиной 800 мм результаты расчёта при $\mu_s = 4$ % близки к результатам модели с начальной жёсткостью; при $\mu_s = 3$ % к расчёту с понижающим коэффициентом $k = 0.6$; а при $\mu_s = 2$ % к расчёту с коэффициентом $k = 0.3$.

2) Выявлена зависимость контролируемых параметров от процента армирования: величины горизонтальных смещений ограждения котлована обратно пропорциональны проценту армирования, в то время как величины изгибающих моментов в теле стены — прямо пропорциональны.

3) Проведённый анализ демонстрирует, что учёт в расчётах именно нелинейной жёсткости является более корректным по сравнению с применением условных понижающих коэффициентов к линейной жёсткости. Это подтверждается тем, что для случая с армированием $\mu_s = 2$ % модель нелинейной жёсткости показала меньшие горизонтальные смещения и изгибающие моменты, чем модель с линейной жёсткостью и коэффициентом $k = 0.3$. Данный факт свидетельствует о том, что нелинейная работа железобетона приводит к принципиально иному распределению усилий и деформаций в системе «ограждение-грунт», которое не может быть адекватно аппроксимировано простым снижением жёсткости.

Таким образом, применение нелинейной деформационной модели железобетона позволяет получить более точный и физически достоверный прогноз НДС как самой ограждающей конструкции, так и элементов её крепления, что особенно важно для минимизации рисков при строительстве в стеснённых условиях существующей застройки.

Таблица 2

Результаты расчетов конструкции ограждения котлована в зависимости от параметров изгибной жесткости.

Модель жесткости		u_{max}, мм		M_{max}, кНм		Нагрузка на ярус РС, кН/п. м.			
						Верхний		Нижний	
Нелинейная	μ=2%	269	+30%	2919	-15%	964	-2%	1374	+8%
	μ=3%	181	-13%	3517	+3%	982		1261	-1%
	μ=4%	148	-29%	3810	+11%	987	+1%	1237	-3%
Линейная	0.3E_bI	341	+65%	3121	-9%	976		1375	+8%
	0.6E_bI	207		3427		980		1276	
	E_bI	152	-27%	3795	+11%	987	+1%	1235	-3%

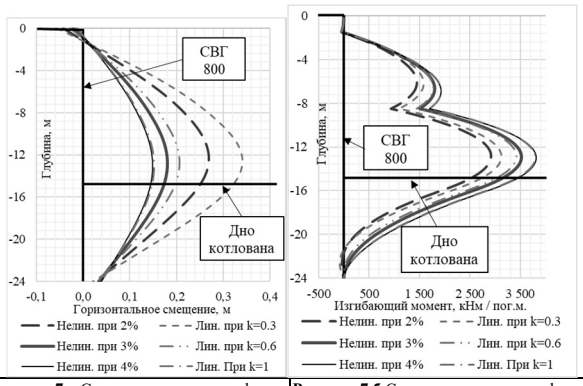


Рисунок 7,а Сопоставительные графики результатов вычисления: горизонтальных смещений ограждения котлована

Рисунок 7,б Сопоставительные графики результатов вычисления: изгибающие моменты в конструкции стены в грунте.

Выводы

1. Жёсткость ж. б. конструкций ограждений котлованов в грунтовых условиях г. Санкт-Петербурга, вычисленная на основании нелинейной деформируемой модели железобетона, значительно отличается от применяемой в расчётах ($D = 0{,}6E_bI$). Для траншейной стены в грунте отличия составляют от -45% до +77%, а для ограждения из буронабивных свай от -52% до -1%.

2. При расчёте массивных ограждений котлованов необходимо учитывать их реальную (нелинейную) жёсткость на всех этапах жизненного цикла объекта. Данный подход позволяет точнее спрогнозировать напряжённо деформируемое состояние конструкций и окружающей застройки.

3. СП 430.1325800.2018 вероятно необходимо дополнить условными понижающими коэффициентами для расчёта массивных ($h \geq 800$мм) изгибаемых элементов.

4. Проведённое численное моделирование в ПК Plaxis 2D показало, что учёт нелинейной жёсткости железобетона оказывает существенное влияние на результат расчёта напряженно-деформированного состояния системы «ограждение–массив грунта». Для рассмотренного случая (рис. 4,а) в зависимости от процента армирования отличие горизонтального смещения составило от -29% до +30%, а для изгибающего момента от -15% до +11% (табл. 2).

5. При $\mu_s = 2\,\%$ результат расчёта с учётом нелинейного характера деформирования железобетона близок к линейному с изгибной жёсткостью $D = 0{,}3E_bI$, а при $\mu_s = 4\,\%$ сравним с $D = E_bI$. Таким образом учёт нелинейного характера деформирования железобетона и процента армирования оказывает существенное влияние на результаты геотехнических расчётов.

Литература

1. Геотехника Санкт-Петербурга: Монография. / Р.А. Мангушев, А.И. Осокин. – М. Изд-во АСВ, 2010. -264с.
2. Мангушев Р.А., Сапин. Д.А. Учет жесткости конструкций «стена в грунте» на осадку соседних зданий // Жилищное строительство. – 2015 №9 с. 3-7.
3. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения: 3-е издание, дополненное и переработанное / под общ. редакцией В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева –М.: Изд-во АСВ, 2023. -1084 с.
4. Геотехнические аспекты обеспечения сохранности зданий исторической застройки при выполнении подземных и котлованных работ в центральной части Санкт-Петербурга/ Р.А. Мангушев, А.И. Осокин, И.П. Дьяконов, Ф.Н. Калач// Метро и тоннели. – 2023 №4 с. 24-27.
5. Особенности учета нелинейной работы железобетона в расчетах взаимодействия здания и основания / Н.А. Евсеев // Геотехника. – 2018. – Т. 10, № 4. – с. 58-69.
6. Метод расчета зданий из монолитного железобетона во взаимодействии с основанием при учете физически нелинейной работы железобетонных конструкций / Н.А. Евсеев // Жилищное строительство. – 2019 №11 с. 42-45
7. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов / Б.И. Далматов, Ф.К. Лапшин, Ю.В Россихин // Л.: Изд-во Стройиздат, 1975 – 240 с.
8. Методические рекомендации по проектированию свайных фундаментов в сложных условиях / М-во пром. стр-ва СССР. Гл. техн. упр. НИИ пром. стр-ва. НИИпромстрой, 1974 – 99 с.
9. Колесник Д.С., Мангушев Р.А., Осокин А.И. Нелинейная жесткость железобетонной сваи, получившей изгиб в доэксплуатационной стадии // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 7. С. 58-69. DOI: 10.33622/0869-7019.2024.07.58-69
10. Тер-Мартиросян З.Г., Бахмисов В.В. К вопросу учета ползучести бетона в грунтовой среде // Вестник МГСУ. – 2020. Т. 15, №9. с. 1285-1296. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.9.1285-1296
11. Руководство по проектированию заглубленных подпорных стен. / A. Gaba, S. Hardy, L. Doughty, W. Powrie, D. Selemetas // Лондон 2017. URL: https://www.ciria.org/ItemDetail?iProductcode=C760&Category=BOOK
12. Допущения математических моделей трещиностойкости стержневых железобетонных элементов / О.В. Радайкин, Л.С. Сабитов, О.А. Король, М.С. Хассун, И.Н. Гарькин // Инженерный вестник Дона. – 2023. №7 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8555 (дата обращения 19.03.2024)
13. Радайкин О.В. К определению момента трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов с учётом пластических деформаций бетона растянутой зоны // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. №3 с. 30-38. DOI: 10.12737/article_5abfc9b9100759.72073748.
14. Мурашкин Г.В., Мурашкин В.Г., Панфилов Д.А. Описание диаграмм деформирования бетона в отечественных и зарубежных нормах // Вестник ВРО РААСН – 2011 №14 с. 144–150.
15. Радайкин О.В. Сравнительный анализ различных диаграмм деформирования бетона по критерию энергозатрат на деформирование и разрушение// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. №10 с. 29-39. DOI: 10.34031/article_5db33945315bb4.76965991

On determination of non-linear stiffness of reinforced concrete shoring of excavation

Kolesnik D.S., Sheina E.A., Bashmakov I.B., Osokin A.I.
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

Designing deep excavation enclosures in dense urban environments requires highly accurate deformation predictions. Traditional calculation models based on the assumption of linear elastic behavior of reinforced concrete (using the initial section stiffness EI) often underestimate horizontal deflections and misjudge bending moments. This poses risks to the stability of the enclosure and the safety of adjacent buildings.

This study utilizes finite element numerical modeling (FEM) using nonlinear stress-strain diagrams of concrete and reinforcement. A comparative analysis of linear and nonlinear calculation models is provided. The influence of factors such as cracking in the tension zone, reinforcement level, eccentric compression, and loading duration on the effective stiffness (EI_{eff}) is considered. The proposed solutions are verified using in-situ monitoring data from real-world projects.

Taking into account the physical nonlinearity of reinforced concrete in the design of excavation barriers allows for the optimization of structural sections, reducing material consumption, and increasing the reliability of the barrier-soil system. The results of the work can be implemented in the practice of design organizations when calculating retaining structures and deep pits.

Keywords: trench diaphragm wall (D-wall), auger piles, non-linear operation of reinforced concrete, non-linear stress-and-strain model (NLSSM) of reinforced concrete, soft loamy soils, plaxis.

References

[1] Geotechnics of St. Petersburg: Monograph. / R.A. Mangushev, A.I. Osokin. - M. Publishing house of the DIA, 2010.264 s.

[2] Mangushev R. A., Sapin D. A. Uchet zhestkosti konstruktsiy «stena v grunte» na osadku sosednikh zdaniy. [Accounting of Influence of «Slurry Wall» Rigidity on Settlement of Neighboring Buildings]. Zhilishchnoe Stroitel'stvo (Housing Construction), 2015, No. 9, pp. 3–7.

[3] Ilichev V. A., Mangushev R. A. (eds). Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya. 3-e izdanie [Handbook of geotechnical engineer. Bases, foundations and underground structures. 3rd edition]. Moscow, ASV, 2023. 1084 p.

[4] R. A. Mangushev, A. I. Osokin, I. P. Diakonov, F. N. Kalach. Geotekhnicheskiye aspekty obespecheniya sokhrannosti zdaniy istoricheskoy zastroyki pri vypolnenii podzemnykh i kotlovannykh rabot v tsentral'noy chasti Sankt-Peterburga [Geotechnical aspects of ensuring the safety of historical buildings during underground and excavation works in the central part of Saint-Petersburg]. Metro i tonneli, 2023, No. 4, pp. 24-27.

[5] Evseev N. A. Osobennosti ucheta nelineynoy raboty zhelezobetona v raschetakh vzaimodeystviya zdaniya i osnovaniya [Specifics of taking into account the nonlinear behavior of reinforced concrete in building/foundation interaction calculations]. Geotechnics, 2018, vol. 10, No. 4, pp. 58–69.

[6] Evseev N. A. Metod rascheta zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona vo vzaimodeystvii s osnovaniem pri uchete fizicheski nelineynoy raboty zhelezobetonnykh konstruktsiy [Method of calculation of monolithic reinforced concrete buildings in interaction with the base with due regard for physically nonlinear work of reinforced concrete structures]. Zhilishchnoe Stroitel'stvo (Housing Construction), 2019, No. 11, pp. 41–45.

[7] Dalmatov B.I., Lapshin F.K., Rossikhin Yu.V. Proektirovanie svajnyh fundamentov v uslovijah slabyh gruntov [Design of Piled Foundations Under Soft Soil Conditions]. Leningrad: Stroyizdat Pusblishing House; 1975. 240 p.

[8] Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniju svajnyh fundamentov v slozhnyh uslovijah [Methodological Recommendations for Design of Piled Foundations Under Complicated Conditions]. USSR Ministry of Industrial Construction. Main Technical Directorate of the Research Institute of Industrial Construction (NIIpromstroy); 1974. 99 p.

[9] Kolesnik D.S., Mangushev R. A., Osokin A.I. Nelineynaya zhestkost' zhelezobetonnoy svai, poluchivshey izgib v doekspluatatsionnoy stadii. [Non-linear stiffness of a reinforced concrete pile bent at the pre-operational stage]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo, 2024, No. 7, pp. 58–69. DOI: 10.33622/0869-7019.2024.07.58-69

[10] Ter-Martirosyan Z. G., Bakhmisov V. V. K voprosu ucheta polzuchesti betona v gruntovoy srede [To the question of concrete creep in the soil environment]. Vestnik MGSU, 2020, vol. 15, No. 9, pp. 1285–1296. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.9.1285-1296

[11] Gaba A., Hardy S., Doughty L., Powrie W., Selemetas D. Guidance on embedded retaining wall design [Руководство по проектированию заглубленных подпорных стен]. London, CIRIA, 2017. 455 p.

[12] Radaykin O.V., Sabitov L.S., Korol O.A., Khassun M.S., Garkin I.N. Dopuschenija matematicheskih modelej treschinostojkosti sterzhnevyh zhelezobetonnyh elementov [Allowances of Mathematical Models of Crack Resistance of Reinforced Concrete Canes]. Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Journal of Don] [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 19]; No. 7. Available from: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8555

[13] Radaikin O.V. K opredeleniyu momenta treshchinoobrazovaniya izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov s uchetom plasticheskikh deformatsiy betona rastyanutoy zony [To determination of the cracking moment for bending reinforced concrete elements with account of plastic deformations of concrete in the tension area]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 3. pp. 30–38. DOI: 10.12737/article_5abfc9b9100759.72073748.

[14] Murashkin G.V., Murashkin V.G., Panfilov D.A. Opisanie diagramm deformirovanija betona v otechestvennyh i zarubezhnyh normah [Description of Concrete Stress and Strain Diagrams in Domestic and Foreign Regulations]. Vestnik VRO RAASN [Bulletin of Volga Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 2011; No. 14. P. 144–150.

[15] Radaikin O.V. Sravnitel'nyy analiz razlichnykh diagramm deformirovaniya betona po kriteriyu energozatrat na deformirovanie i razrushenie [Comparative analysis of various diagrams of concrete deformation according to the criterion of energy consumption for deformation and destruction]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 10. pp. 29–39. DOI: 10.34031/article_5db33945315bb4.76965991

Математическая модель прогрева бетона методом греющих проводов

Шихшинатова Муминат Магомедрасуловна
НИУ МГСУ, shichmum_2006@mail.ru

В современном мире становится актуальным строительство в условиях Крайнего севера. При этом основной проблемой является сложность при наборе прочности бетона. Решением выступает использование специальных методов зимнего бетонирования. Для возможности использования одного из методов, заключающегося в греющих проводах, необходимо проведение сложных расчетов, не учитывающих ограничения для достижения наиболее оптимального расхода ресурсов. Цель представленной статьи заключается в разработке математической модели прогрева бетона методом греющих проводов. В работе систематизирована информация о порядке проведения работ и определены основные расчетные значения. Итогом работы стала разработка математической модели, в основе которой заложены такие математические методы, как метод уравнений и неравенств. Научная ценность работы состоит в разработке математической модели, предназначенной для использования во время производства работ по зимнему бетонированию. Одной из перспектив использования полученной математической модели является возможность разработки программного продукта на ее основе, предназначенного для автоматизации и оптимизации использования ресурсов при производстве работ.

Ключевые слова: Математическая модель, модуль поверхности монолитной конструкции, площадь поперечного сечения, удельное электрическое сопротивление, коэффициент теплопередачи опалубки.

На сегодняшний день актуализируются задачи, связанные с индустриальным освоением территорий Крайнего севера. Основной проблемой при строительстве на данных территориях является сложность при наборе прочности бетонируемых конструкций. Для решения данной задачи используются специальные методы зимнего бетонирования, реализация которых требует проведения дополнительных расчетов. Главной проблемой является отсутствие математической модели, использование которой позволит рационализировать и оптимизировать использование затрачиваемых ресурсов. Исходя из этого, формируется цель текущего исследования, связанная с разработкой математической модели для производства работ по зимнему бетонированию на основе метода греющих проводов.

Основными задачами для достижения конечной цели являются описание метода производства работ по зимнему бетонированию методом греющих проводов, описание технологического процесса и расчетных значений при использовании данного метода, а также формирование конечной математической модели, учитывающей ограничения для достижения наиболее оптимальных результатов по расходу ресурсов. Научная ценность работы состоит в одной из первых предпринимаемых попыток, связанных с разработкой математической модели, учитывающей все ограничения и показатели при производстве работ методом греющих проводов. Результаты работы будут иметь существенное значение для дальнейшего развития методов зимнего бетонирования, выступая в качестве основы для создания программного продукта, предназначенного для автоматизации рабочих процессов.

Объектом исследования выступают метод зимнего бетонирования, заключающийся в использовании греющих проводов. В работе применяются такие теоретические и эмпирические методы научного исследования, как анализ, синтез, обобщение и моделирование. Информационная база для исследования сформирована на официальных материалах и открытых публикациях авторов по соответствующей тематике, а также технической документации и правилами, связанными с производством бетонных работ в условиях низких температур.

Использование метода греющего провода при зимнем бетонировании основывается на прогреве бетона в результате выделения тепла проводником. Основным средством при реализации данного метода выступает греющий провод, который имеет большое электрическое сопротивление. Технология производства работ заключается в укладывании греющего провода по всему объему бетонируемой конструкции на определенных расстояниях. Данные расстояния и все сопутствующие параметры рассчитываются по определенной в технической документации технологии. Использование данного метода актуально как для армированных, так и для неармированных бетонных конструкций.

Главным преимуществом использования именно данного метода зимнего бетонирования является применимость при самых низких температурах от -20 градусов Цельсия. В то время, как другие методы (теплый шатер, термос, противоморозные добавки иные) могут быть использованы только при температурах не ниже -15 градусов Цельсия. Совокупность данных фактов свидетельствует о широкой применимости рассматриваемого метода греющим проводом и необходимости более подробного исследования технологии производства работ для повышения качества, а также эффективности его использования.

Первым этапом при расчете параметров прогрева является определение размерных характеристик бетонируемой конструкции и опалубки.

Объем бетонной конструкции определяется по формуле:

$$V = abh, \quad (1)$$

где V-объем бетонной конструкции, м^3;

a - длина, м;

b - ширина, м;

h - высота, м.

Модуль поверхности монолитной конструкции $M_п$ равен:

$$M_п = F/V, \quad (2)$$

F - площадь охлаждения.

В зависимости от типа и толщины опалубки, а также от скорости ветра подбирается коэффициент теплопередачи опалубки k, Вт/м^{2}С°.

Удельное электрическое сопротивление стальной жилы греющего провода при рабочей температуре p_t, измеряемое в Ом·мм^2/м, определяется по формуле

$$p_t = p_0(1 + \alpha t)K, \quad (5)$$

где p_0-удельное электрическое сопротивление стальной жилы при 20 ˚С, Ом·мм^2/м;

α - температурный коэффициент сопротивления стальной жилы, равный 0,0046 ˚С$^{-1}$;

K- коэффициент, принимаемый для постоянного тока 1, для переменного при рабочей температуре от 81 ˚С до 100 ˚С – 1,2.

Сопротивление погонного метра провода при рабочей температуре, Ом/м:

$$r = p_t/S,$$

(6)

где S- площадь поперечного сечения стальной жилы, мм^2.

Ток, протекающий в одном проводе, А:

$$I_I = \sqrt{\Delta P/r},$$

(7)

где ΔР - погонная нагрузка на провод, Вт/м.

При этом значение тока в проводе не должно быть выше 15 ампер, что необходимо для исключения вероятности перегрева конструкции.

Дальнейшим этапом является расчет электрических параметров и схемы подключения проводов, которые используются двух видов: «звезда» (рис. 1) и «треугольник» (рис. 2). Второй из них наиболее оптимален для объемных конструкций, имеющих меньшее значение F.

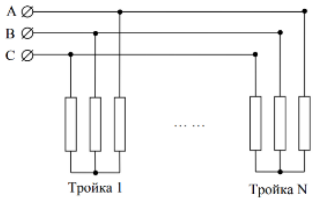


Рис. 1. Схема соединения проводов звездой

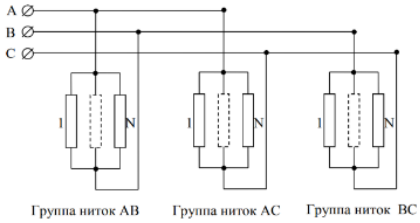


Рис. 2. Схема соединения проводов треугольником

Значение при подключении проводов по схеме «треугольник» рассчитывается по формуле:

$$U = U_{\text{лин}},$$

(8)

где $U_{\text{лин}}$ - линейное напряжение переменного тока на трансформаторе (максимальное напряжение СПБ, применяемое на этапах прогрева), В;

при подключении проводов по схеме «звезда»:

$$U = U_{\text{лин}}/\sqrt{3}.$$

(9)

Длина нагревательного провода L, выраженная в метрах (м) рассчитывается по формуле:

$$L = U/I_I * r.$$

(10)

Общее количество троек, которые можно подключить к трансформатору (при соединении звездой):

$$N_{\text{общ}} = I_{\text{лин}}/I_I,$$

(11)

где $I_{\text{лин}}$ - предельно допустимый ток для данного трансформатора при принятом напряжении (по паспортным данным), А.

Общее количество ниток, которые можно подключить к трансформатору (при соединении треугольником):

$$N_{\text{общ}} = \sqrt{3}I_{\text{лин}}/I_I.$$

(12)

Расчетное количество троек (при соединении звездой) или групп ниток (при соединении треугольником) определяется по формуле:

$$n_{\text{с}} = L_{\text{общ}}/L.$$

(13)

При соединении треугольником значение $n_{\text{с}}$ должно быть кратно 3.

Удельная требуемая мощность, приходящаяся на единицу площади прогреваемой конструкции $P_{уд}$, выраженная в Вт/м^2:

$$P_{\text{уд}} = k\,\alpha_{\text{прив}} M_{\text{п}}(t_{\text{из}} - t_{\text{н.в.}})V/F.$$

(14)

Шаг расстановки нагревательных проводов, м:

$$b = \frac{1}{\frac{P_{\text{уд}}}{\Delta P}+1}.$$

(15)

Общая длина проводов, требующаяся для прогрева бетонной конструкции до заданной температуры:

$$L_{\text{общ}} = (k\alpha_{\text{прив}} M_{\text{п}}(t_{\text{из}} - t_{\text{н.в.}})V)/\Delta P.$$

(16)

Расчётная токовая нагрузка на монтажный отвод, А:

$$I_0 = (\Delta P L n)/U.$$

(17)

где n – количество проводов, подключенных к одному отводу.

Ток в магистральной линии $I_{\text{м}}$, А:

При соединении проводов звездой:

$$I_{\text{м}} = n_{\text{с}} I_I.$$

(18)

При соединении проводов треугольником:

$$I_{\text{м}} = \sqrt{3} n_{\text{с}} I_I.$$

(19)

Первым этапом в расчете продолжительности этапов прогрева является определение продолжительности нагрева бетона до требуемой температуры $\tau_{\text{н}}$ по формуле, ч

$$\tau_{\text{н}} = (t_{\text{из}} - t_{\text{н.в.}})/V_{\text{под}},$$

(20)

С учетом времени и средней температуры нагрева определяют прочность бетона при разогреве.

Далее определяется время остывания бетонной конструкции $\tau_{\text{о}}$ по формуле Б.Г. Скрамтаева, ч:

$$\tau_{\text{о}} = (C_{\text{б}}\gamma_{\text{б}}(t_{\text{из}} - t_{\text{б.к.}}) + \text{ЦЭ})/3{,}6KM_{\text{п}}(t_{\text{о}}^{\text{ср}} - t_{\text{н.в.}}),$$

(21)

где $t_{\text{б.к.}}$ – температура бетона по окончанию остывания, ˚С;

$t_{\text{о}}^{\text{ср}}$ – средняя температура остывания бетонной конструкции, ˚С. Определяется по формуле:

$$t_{\text{о}}^{\text{ср}} = t_{\text{б.к.}} + \frac{(t_{\text{из}} - t_{\text{б.к.}})}{1{,}03 + 0{,}181M_{\text{п}} + 0{,}006(t_{\text{из}} - t_{\text{б.к.}})}.$$

(22)

Итоговым видом целевой функции для получения наиболее оптимального расхода материальных ресурсов является:

$$W = P_{\text{п}}\tau_{\text{п}} + P_{\text{из}}\tau_{\text{из}},$$

(23)

где W – затрачиваемая на прогрев бетонируемой конструкции электроэнергия, кВт*ч;

$\tau_{\text{из}}$ –время прогрева бетонируемой конструкции, в ч;

$\tau_{\text{н}}$– время подъема температуры в бетонируемой конструкции,в ч.

Для определения наиболее оптимальных искомых значений (продолжительность прогрева, энергозатраты, расходуемые материалы) требуется формирование математической модели, учитывающей все ограничения, представленные ранее.

Получим итоговый вид разработанной математической модели:

$$W = P_{\text{п}}\tau_{\text{п}} + P_{\text{из}}\tau_{\text{из}} \to min$$

$$P_{\text{п}} = \left(\frac{C_{\text{б}}\gamma_{\text{б}}V_{\text{под}}}{3600} + \frac{\sum(\text{C}_{\text{оп}i}\gamma_{\text{оп}i}\delta_{\text{оп}i})\text{M}_{\text{оп}}V_{\text{под}}}{3600 \times 2} + \frac{\alpha_{\text{прив}}M_{\text{п}}(t_{\text{б.н}} + t_{\text{из}} - 2t_{\text{н.в}})}{1000 \times 2}\right) \times V$$

$$P_{\text{из}} = \left(\frac{k\alpha_{\text{прив}}M_{\text{п}}(t_{\text{из}} - t_{\text{н.в}})}{1000} - 0{,}8\right) \times V$$

$$\{U = U_{\text{лин}}\}\{U = U_{\text{лин}}/\sqrt{3}\}$$

$$p_t = p_0(1 + \alpha t)K$$

$$N_{\text{общ}} \le \frac{I_{\text{лин}}}{I_l}, I < 15A$$

$$N_{\text{общ}} \le \sqrt{3}\frac{I_{\text{лин}}}{I_l},$$

$$n_c \le L_{\text{общ}}/L$$

$$L_{\text{общ}} = \left(k\alpha_{\text{прив}}M_{\text{п}}(t_{\text{из}} - t_{\text{н.в}}) \times V\right)/\Delta P$$

$$\{I_M = n_c I_L\}, \{I_M = \sqrt{3}n_c I_L\}$$

$$\tau_0 = (C_{\text{б}}\gamma_{\text{б}}(t_{\text{из}} - t_{\text{б.к}}) + \text{ЦЭ})/3{,}6K \times M_{\text{п}}\left(t_0^{\text{ср}} - t_{\text{н.в}}\right)$$

$$t_0^{\text{ср}} = t_{\text{б.к}} + \frac{t_{\text{из}} - t_{\text{б.к}}}{1{,}03 + 0{,}181 \times M_{\text{п}} + 0{,}006(t_{\text{из}} - t_{\text{б.к}})}$$

Для того, чтобы автоматизировать рутинные и объемные вычисления, воспользуемся программой. Составим программу на языке программирования Python.

Программа (Python3)

```
from math import sqrt, ceil
EPS = 1e-9
def ask(prompt, default):
raw = input(f" {prompt} [{default}]: ").strip().replace(",", ".")
if not raw:
return default
try:
return float(raw)
except:
print(" ! не число, оставлено", default)
return default
def ask_int(prompt, default):
s = input(f" {prompt} [{default}]: ").strip()
if s == "": return default
try:
n = int(s)
except:
return default
return n if n >= 1 else 1
def hint_F(a, b, h):
print(" F — площадь охлаждаемой поверхности, м². Подсказки:")
s_wall = 2*a*h
s_slab = 2*a*b
s_col = 2*(a*h + b*h)
s_fund = a*b
print(" стена (2 грани a×h) = %.3f, плита (a×b сверху и снизу) = %.3f,"
% (s_wall, s_slab))
print(" колонна (4 боковые) = %.3f, фундамент (только верх) = %.3f"
% (s_col, s_fund))
return s_wall # дефолт = стена
def calc(p, scheme):
t = p["t_iz"]
if 81 <= t <= 100:
K = 1.2
else:
K = 1.0
pt = p["p0"] * (1 + p["alpha"]*t) * K
r = pt / p["S"]
I = sqrt(p["dP"] / r)
delta = (scheme == "delta")
if delta:
U = p["U_lin"]
N_max = 3 * p["I_lin"] / I
else:
U = p["U_lin"] / sqrt(3)
N_max = p["I_lin"] / I
L_one = U / (I*r)
V = p["a"] * p["b"] * p["h"]
Mp = p["F"] / V
dT = t - p["t_nv"]
common = p["k"] * p["alpha_pr"] * Mp * dT * V
L_tot = common / p["dP"]
p_ud = common / p["F"]
b_st = 1 / (p_ud / p["dP"] + 1)
nc = ceil(L_tot / L_one)
if delta:
nc = ceil(nc / 3) * 3
n_per = round(N_max / nc) if nc else 1
if n_per < 1: n_per = 1
I_otv = p["dP"] * L_one * n_per / U
if delta:
I_mag = sqrt(3) * nc * I
else:
I_mag = nc * I
tau_n = (t - p["t_nv"]) / p["V_pod"]
dt = t - p["t_bk"]
t_avg = p["t_bk"] + dt / (1.03 + 0.181*Mp + 0.006*dt)
tau_o = (p["Cb"]*p["gamma"]*dt + p["Cep"]) / (3.6 * p["k"] * Mp *
(t_avg - p["t_nv"]))
s = 0
for L in p["layers"]:
s += L["Cop"] * L["gamma"] * L["delta"]
a1 = p["Cb"]*p["gamma"]*p["V_pod"] / 3600
a2 = s * p["Mop"] * p["V_pod"] / 7200
a3 = p["alpha_pr"] * Mp * (p["t_bn"] + t - 2*p["t_nv"]) / 2000
Pp = (a1 + a2 + a3) * V
Piz = (p["k"] * p["alpha_pr"] * Mp * dT / 1000 - 0.8) * V
W = Pp*tau_n + Piz*p["tau_iz"]
ok = {}
ok["I < 15 A"] = I < p["I_max"]
ok["nc разумно"] = nc <= ceil(L_tot/L_one) + 3
ok["трансформатор тянет"] = N_max + EPS >= nc
if delta:
ok["nc кратно 3"] = (nc % 3 == 0)
res = {}
res["scheme"] = scheme
res["V"] = V; res["F"] = p["F"]; res["Mp"] = Mp
res["pt"] = pt; res["r"] = r; res["I"] = I
res["U"] = U; res["L_one"] = L_one
res["L_tot"] = L_tot; res["P_ud"] = p_ud; res["b"] = b_st
res["N_max"] = N_max; res["nc"] = nc
res["I_otv"] = I_otv; res["I_mag"] = I_mag
res["tau_n"] = tau_n; res["tau_iz"] = p["tau_iz"]; res["tau_o"] = tau_o
res["Pp"] = Pp; res["Piz"] = Piz; res["W"] = W
res["ok"] = ok
return res
def find_best(p):
star = calc(p, "star")
delta = calc(p, "delta")
star_ok = all(star["ok"].values())
delta_ok = all(delta["ok"].values())
if star_ok and delta_ok:
return star if star["W"] <= delta["W"] else delta
if star_ok: return star
if delta_ok: return delta
return star
def print_report(r):
eq = "=" * 64
print(eq)
print(" Схема:", r["scheme"])
print(eq)
def show(name, value, fmt="10.3f"):
print(f" {name:<35}= {value:{fmt}}")
show("V (объём), м³", r["V"])
show("F (площадь охлаждения), м²", r["F"])
show("Mп (модуль поверхности), 1/м", r["Mp"])
show("ρt (уд. сопр.), Ом·мм²/м", r["pt"], "10.4f")
show("r (погонное сопр.), Ом/м", r["r"], "10.4f")
show("I (ток в проводе), A", r["I"])
show("U (напряжение), В", r["U"])
show("L (длина одного провода), м", r["L_one"])
show("Lобщ (общая длина), м", r["L_tot"])
show("Pуд (удельная мощность), Вт/м²", r["P_ud"])
show("b (шаг проводов), м", r["b"], "10.4f")
show("Nобщ (макс. групп)", r["N_max"], "10.2f")
show("nc (расчётное число групп)", r["nc"], "10d")
show("Iотв (ток в отводе), A", r["I_otv"])
show("Iм (ток в магистрали), A", r["I_mag"])
show("τн (время нагрева), ч", r["tau_n"], "10.2f")
show("τиз (изотермия), ч", r["tau_iz"], "10.2f")
show("τо (остывание), ч", r["tau_o"], "10.2f")
show("Pп (мощность подъёма), кВт", r["Pp"])
show("Pиз (мощность изотермии), кВт", r["Piz"])
show("W = Pп·τп + Pиз·τиз, кВт·ч", r["W"], "10.2f")
print("-" * 64)
print(" Ограничения:")
for name, passed in r["ok"].items():
mark = "OK" if passed else "X "
print(" [%s] %s" % (mark, name))
print(eq)
def ask_scheme():
raw = input(" Схема ['star'/'delta'/'auto'] [auto]: ").strip().lower()
if raw == "" or raw not in ("star", "delta", "auto"):
return "auto"
return raw
DEFAULT_LAYERS = [
("фанера", 0.65, 500, 0.025),
("утеплитель", 1.34, 100, 0.05),
("защитный", 0.84, 1200, 0.01),
]
def input_layers():
```

```
n = ask_int("Количество слоёв опалубки", 1)
out = []
for i in range(n):
if i < len(DEFAULT_LAYERS):
d = DEFAULT_LAYERS[i]
else:
d = DEFAULT_LAYERS[-1]
print(" слой %d (%s)" % (i+1, d[0]))
Cop = ask(" Соп_%d, кДж/(кг·°C)" % (i+1), d[1])
gam = ask(" γоп_%d, кг/м³" % (i+1), d[2])
delta = ask(" δоп_%d, м" % (i+1), d[3])
out.append({"Cop": Cop, "gamma": gam, "delta": delta})
return out
print(" Прогрев бетона методом греющих проводов")
print(" (Enter — оставить значение по умолчанию)")
print()
print("Геометрия")
a = ask("a — длина, м", 6.0)
b = ask("b — ширина, м", 0.3)
h = ask("h — высота, м", 3.0)
F = ask("F, м²", round(hint_F(a, b, h), 3))
print("\nБетон")
Cb = ask("Сб — теплоёмкость, кДж/(кг·°C)", 1.05)
gamma = ask("γб — плотность, кг/м³", 2400)
Cep = ask("Ц·Э — экзотермия цемента, кДж/м³", 250)
t_iz = ask("tиз — температура изотермии, °C", 60.0)
t_bn = ask("tб.н — начальная температура, °C", 5.0)
t_bk = ask("tб.к — температура после остывания, °C", 5.0)
t_nv = ask("tн.в — температура наружного воздуха, °C", -20.0)
V_pod = ask("Vпод — скорость подъёма, °C/ч", 8.0)
print("\nОпалубка")
k = ask("k — коэф. теплопередачи, Вт/(м²·°C)", 3.5)
alpha_pr = ask("α_прив — приведённый коэф. теплоотдачи", 1.0)
layers = input_layers()

Mop = ask("Моп — модуль поверхности опалубки, 1/м", 4.0)
print("\nГреющий провод")
p0 = ask("ρ0 — уд. сопр. при 20 °C, Ом·мм²/м", 0.15)
alpha = ask("α — темп. коэф., 1/°C", 0.0046)
S = ask("S — сечение жилы, мм²", 1.0)
dP = ask("ΔP — погонная нагрузка, Вт/м", 35.0)
I_max = ask("Iмакс — макс. ток, A", 15.0)
print("\nТрансформатор")
U_lin = ask("Uлин — линейное напряжение, В", 60.0)
I_lin = ask("Iлин — макс. ток, A", 350.0)
print("\nРежим")
tau_iz = ask("τиз — длительность изотермии, ч", 8.0)
scheme = ask_scheme()
p = {
"a":a, "b":b, "h":h, "F":F,
"Cb":Cb, "gamma":gamma, "Cep":Cep,
"t_iz":t_iz, "t_bn":t_bn, "t_bk":t_bk, "t_nv":t_nv, "V_pod":V_pod,
"k":k, "alpha_pr":alpha_pr,
"layers":layers, "Mop":Mop,
"p0":p0, "alpha":alpha, "S":S, "dP":dP, "I_max":I_max,
"U_lin":U_lin, "I_lin":I_lin,
"tau_iz":tau_iz,
}
print()
if scheme == "auto":
print_report(find_best(p))
else:
print_report(calc(p, scheme))
```

Применение на строительных площадках представленной математической модели позволит существенно оптимизировать используемые ресурсы. Также важным преимуществом использования данной модели является минимизация ошибок и повышение эффективности производства работ при зимнем бетонировании. Основным недостатком при выполнении работ на практике является невыполнение расчетов ввиду отсутствия единой обобщенной модели, регулирующей расчет необходимых параметров.

Литература

1 .Хамитов, Н. Моделирование режимов электрообогрева железобетонной стены с помощью греющего провода в зимних условиях / Н. Хамитов, А. И. Гныря, А. Х. Лабазанов // Избранные доклады 67-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. 2021. – С. 163-165. – EDN WHMMMP.

2 .Невский, В.А. Строительное материаловедение: учебное пособие. – Изд. 2-е, доп. И перераб. Ростов-на-Дону, Феникс. 2009.

3 .Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов. МДС 12-48.2009/ ЗАО «ЦНИИОМТП». - М.: ОАО «ЦПП», 2009. - 18 с.

4 .Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севеар/ЦНИИИМТП Госстроя СССР. -М.: Стройиздат, 1982. - 213с.

5 .Талейко, А. А. Моделирование прогрева железобетонной конструкции греющими проводами и греющими матами / А. А. Талейко, С. В. Леонтьев // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2022. – Т. 1. – С. 86-92. – EDN UJUDTQ.

6 .Вчерашний, Д. Д. Электрообогрев колонны с использованием греющих проводов в системе компьютерного моделирования / Д. Д. Вчерашний, К. А. Пьянкова, С. В. Коробков // Избранные доклады 68-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. 2022. – С. 108-115. – EDN PIIHIX.

7 .Матренинский, С. И. Метод зимнего бетонирования с использованием греющих изолированных проводов / С. И. Матренинский, Д. Ю. Квасов, С. Г. Хорошилов // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 1(5). – С. 53-59. – EDN VRKINL.

A Mathematical Model for Heating Concrete Using Heating Wires

Shikhshinatova M.M.
NRU MGSU

JEL classification: L61, L74, R53

In today's world, construction in the Far North is becoming increasingly important. The main challenge is the difficulty of concrete strength development. The solution lies in the use of specialized winter concreting methods.

Using one of the heating wire methods requires complex calculations that don't take into account the limitations of achieving optimal resource consumption. The purpose of this article is to develop a mathematical model for heating concrete using heating wires. The work systematizes information on the procedure and defines the main calculation values.

The result of this work was the development of a mathematical model based on mathematical methods such as the equation and inequality method. The scientific value of this work lies in the development of a mathematical model intended for use during winter concreting.

One of the prospects for using the obtained mathematical model is the possibility of developing a software product based on it, designed to automate and optimize the use of resources in the production of works.

Keywords: Mathematical model, surface modulus of a monolithic structure, cross-sectional area, specific electrical resistance, heat transfer coefficient of formwork.

References

1. Khamitov, N. Modeling of Electric Heating Modes of a Reinforced-Concrete Wall Using a Heating Wire in Winter Conditions / N. Khamitov, A. I. Gnyrya, A. Kh. Labazanov // Selected Papers of the 67th University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists. 2021. - Pp. 163-165. - EDN WHMMMP.
2. Nevsky, V. A. Construction Materials Science: A Tutorial. - 2nd ed., suppl. and revised. Rostov-on-Don, Phoenix. 2009.
3. Winter Concreting Using Heating Wires. MDS 12-48.2009 / ZAO TsNIIOMTP. - Moscow: OAO TsPP, 2009. - 18 p.
4. Guide to Concrete Work in Winter Conditions in the Far East, Siberia, and the Far North / TsNIIIMTP of the USSR Gosstroy. - Moscow: Stroyizdat, 1982. - 213 p.
5. Taleyko, A. A. Modeling the Heating of a Reinforced Concrete Structure with Heating Wires and Heating Mats / A. A. Taleyko, S. V. Leontyev // Modern Technologies in Construction. Theory and Practice. - 2022. - Vol. 1. - Pp. 86-92. - EDN UJUDTQ.
6 .Vcherashny, D. D. Electric heating of a column using heating wires in a computer modeling system / D. D. Vcherashny, K. A. Pyankova, S. V. Korobkov // Selected reports of the 68th University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists. 2022. - Pp. 108-115. - EDN PIIHIX.
7 .Matreninsky, S. I. Method of winter concreting using insulated heating wires / S. I. Matreninsky, D. Yu. Kvasov, S. G. Khoroshilov // Construction and real estate. - 2020. - No. 1 (5). - Pp. 53-59. - EDN VRKINL.

Архитектурно-пространственная трансформация и модернизация инфраструктуры морского круизного туризма в России: системный аналитический обзор научно-теоретической базы

Шлепцова Алина Юрьевна
аспирант, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), alina.shleptsova@yandex.ru,

Сабитов Линар Салихзанович
доктор технических наук, профессор, НИУ Московский государственный строительный университет, sabitovls@mgsu.ru,

Набиуллина Карина Рашидовна
доктор экономических наук, доцент, директор института дизайна и пространственных искусств, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Karina.Nabiullina@kpfu.ru

Современное состояние портовой инфраструктуры Российской Федерации требует глубокого переосмысления подходов к техническому регулированию и архитектурному проектированию. На протяжении последних десятилетий отрасль функционировала в рамках инерционной модели, опирающейся на стандарты, заложенные еще в 1970 – 1980 – х годах, что привело к значительному моральному и технологическому устареванию «морских ворот» страны. В то же время мировое круизное судоходство демонстрирует стремительное развитие: появление судов сверхбольшой вместимости, ужесточение международных экологических требований и массовое внедрение технологий информационного моделирования (BIM) создали критический разрыв между актуальными потребностями рынка и существующим нормативной базой РФ. Данный аналитический обзор представляет собой системное исследование перехода от детерминированной советской системы Строительных норм и правил (СНиП) к современным Сводам правил (СП). В работе выявлены зоны нормативного вакуума, в частности в вопросах расчета пропускной способности терминалов для мега-лайнеров и реализации принципов «зеленого порта».

Ключевые слова: морские вокзалы, круизные порты, речные терминалы, транспортно-пересадочные узлы, многофункциональные морские вокзальные комплексы, нормативно-правовая база, устойчивое развитие.

Введение

Актуальность изучения процессов архитектурно-пространственной модернизации объектов морского круизного туризма определяется возрастающим значением портовых городов в мировой транспортно-экономической системе. Современные геополитические преобразования, а также развитие новых логистических направлений, включая Северный морской путь, формируют необходимость комплексного обновления отечественной портовой инфраструктуры. Приморские города характеризуются уникальным историко-культурным наследием, сформировавшимся в результате длительного взаимодействия населения с морским пространством. В современных социально-экономических условиях данная специфика становится одним из ключевых факторов повышения туристической привлекательности территорий и роста их инвестиционного потенциала.

Основной целью настоящего исследования является систематизация современных принципов модернизации морских вокзалов, а также определение приоритетных направлений совершенствования отечественной нормативно-правовой базы в области проектирования объектов морского круизного туризма.

Методология работы. Обзор существующей литературы по предмету статьи

Методологической основой исследования выступает комплексный междисциплинарный подход, объединяющий методы теоретического анализа, научного синтеза и сравнительно-исторического исследования. В структуру применяемого методического аппарата входят:

Системный анализ нормативно-правовой базы: изучены профильные Своды правил (СП 463.1325800.2019 [1], СП 350.1326000.2018 [2]), СП 417.1325800.2018 [3], СП 118.13330.2022 [4], СП 395.1325800.2018 [5] и утратившие актуальность СНиПы (2.06.01-86 [6]) для выявления технологических пробелов.

1. Библиографический анализ: исследована обширная база работ ведущих отечественных (Шлепцова А. Ю., Долинина О. Е, Гельфонд А. Л., Джунковский Н. Н., Ионов Б. В., Явейн И. Г., Голубев Г. Е., Жукова Е. С., В. М. Молчанова, Королькова (Котельникова) А. В., Гришин Н., Батраков Н. Д., Чернов В. А., Храмшина Л. И., Поцелуйко Л. С., Лошаков П. И., Вечера Е. А., Филобок А. А., Боренко В. Я. и др. [7-29]) и зарубежных ученых (Andrade M. J., Costa J. P., Jiménez-Morales E., Gong L., Pallis A. A., Vaggelas G. K. и др. [30-32]).

2. Компаративный анализ проектных решений: проведено сопоставление реализованных проектов реконструкции и перспективных мастер-планов развития.

3. Прогностическое моделирование: использование элементов серого моделирования (Grey Models) и методов многокритериального анализа решений (MCDA) для оценки эффективности модернизации в условиях неопределенности.

Основной материал исследования

Развитие морской транспортной архитектуры в России неразрывно связано с геополитическими задачами государства. Ключевые порты, такие как Санкт-Петербург, Мурманск, Новороссийск и Владивосток, исторически формировались как «морские ворота» страны, отражающие её экономическую мощь и культурные амбиции. Однако теоретическое осмысление этой области архитектуры долгое время носило фрагментарный характер. Основополагающие работы *Г.Е. Голубева,* написанные в период с 1960-х по 1980-е годы, заложили фундамент системного подхода к проектированию вокзалов различных видов транспорта. В своих трудах **«Современные вокзалы: железнодорожного, речного, морского, автомобильного и воздушного транспорта» (1967)** [13] и **«Транспортные сооружения и узлы в архитектурном ансамбле современного города» (1984)** [14] автор рассматривал вокзал как сложный инженерно-архитектурный комплекс. Голубев подчеркивал важность интеграции транспортных узлов в городскую среду, предлагая концепции многоуровневых узлов, которые позволяли бы эффективно распределять пассажиропотоки. Несмотря на значимость этих работ, они отражают реалии плановой экономики СССР и не учитывают современные требования к коммерциализации площадей и гибкости пространств, необходимых для круизного бизнеса.

Основополагающим документом, определявшим облик отечественного гидротехнического строительства на протяжении более чем тридцати лет, являлся **СНиП 2.06.01-86 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования» [5].** Этот документ сформировал уникальную школу инженерной мысли, ориентированную на долговечность и капитальность сооружений. Тем не менее, по состоянию на 2024 – 2026 годы, данный стандарт официально признан устаревшим и заменен на более современные аналоги, что вызывает необходимость детального анализа последствий этой замены для проектирования морских вокзалов. **СНиП 2.06.01-86** был введен в действие в июле 1987 года и устанавливал жесткую иерархию гидротехнических сооружений (ГТС). Ключевым критерием классификации выступало функциональное назначение сооружения и последствия его разрушения. Согласно пункту 1.2 данного документа, к основным сооружениям относились те, повреждение которых приводило к прекращению судоходства. Основная проблема **СНиП 2.06.01-86** заключалась в использовании статических коэффициентов надежности, которые не в полной мере отражали динамику взаимодействия современных многопалубных судов с причальным фронтом. Современные Своды правил, пришедшие на смену ранее действовавшим СНиП, ориентированы на применение вероятностных методов определения расчётных нагрузок, что позволяет повышать эффективность конструктивных решений и снижать материалоёмкость строительства при сохранении требуемого уровня безопасности и эксплуатационной надёжности сооружений.

На сегодняшний день проектирование зданий морских вокзалов регламентируется **СП 463.1325800.2019 «Здания речных и морских вокзалов. Правила проектирования» [1].** Указанный нормативный документ трактует пассажирский терминал как единый инфраструктурный комплекс, включающий здание вокзала, причальный фронт и устройства посадки и высадки пассажиров. Вместе с тем проведённый анализ показывает, что данный Свод правил уступает по степени методической детализации ряду смежных нормативов, в частности **СП 417.1325800.2018 [3],** регулирующему проектирование железнодорожных вокзалов. В морской пассажирской отрасли определение пропускной способности и расчёт пассажировместимости во многих случаях по-прежнему базируются на эмпирических подходах, тогда как в железнодорожной инфраструктуре используются более структурированные математические модели расчёта пассажиропотоков.

На современную практику проектирования общественных транспортных объектов продолжает оказывать влияние **СНиП II-96-74 «Общественные здания и сооружения» [4],** положения которого впоследствии были переработаны и актуализированы в **СП 118.13330.2022 [4].** Несмотря на неоднократное обновление нормативной системы, отдельные подходы, закреплённые ещё в советский период, до сих пор прослеживаются в ряде региональных проектов. В первую очередь это касается нормативов минимальной площади на одного пассажира и традиционных схем организации залов ожидания.

При этом современный морской круизный терминал представляет собой значительно более сложную пространственно-функциональную структуру, чем классический транспортный объект с зонами ожидания и посадки. Ранее действовавшие нормативы подобные функциональные сценарии практически не учитывали, что ограничивает эффективность использования внутренних пространств терминалов и снижает их коммерческий потенциал. Кроме того, действующая редакция документа не содержит специализированных требований, ориентированных непосредственно на проектирование объектов морской пассажирской архитектуры.

В современной российской науке наблюдается дефицит комплексных исследований, посвященных именно морской пассажирской архитектуре. Основной объем работ сосредоточен на смежных областях - речном транспорте и портовом инжиниринге. В частности, статьи *Е.С. Жуковой* и *В.М. Молчанова* **«Эволюция архитектуры речных вокзалов»** [15] детально анализируют функционально-планировочные особенности речных терминалов. Авторы выделяют градостроительные, социально-экономические и экологические факторы, влияющие на архитектурную форму, что может быть частично экстраполировано на морскую тематику. Однако специфика морского круизного туризма, связанная с приемом судов колоссального водоизмещения и необходимостью соблюдения жестких международных протоколов безопасности (ISPS Code), требует выделения этой темы в отдельное направление.

Важный вклад в развитие современной теории морских вокзалов внесла *А.В. Королькова (Котельникова)* [16-21]. В серии её публикаций в рамках конференций МАРХИ и специализированных журналов **«Наука, образование и экспериментальное проектирование», «Теоретические и прикладные аспекты современной науки»** поднимаются вопросы архитектурно-компоновочных решений и морфологии морских вокзалов. Королькова предлагает рассматривать морской вокзал не только как транспортную единицу, но и как социально-культурный объект, в облик которого должны внедряться традиционные культурные элементы, формирующие идентичность порта. В ее исследованиях:

- Проводится обзор отечественного и зарубежного опытов проектирования морской пассажирской архитектуры [16];
- Рассматриваются архитектурно-компоновочные решения и особенности архитектуры морских вокзалов [17];
- Рассматривается пространственная организации морских вокзалов как крупных транспортных узлов с определенным набором функциональных структур и с четким делением их на зоны [18];
- Рассмотрены актуальные проблемы и тенденции строительства и архитектуры морских вокзалов, представлена история становления их архитектурного облика и функционального назначения в XX веке [19];
- Раскрыта специфика проектирования и архитектурно-пространственной оптимизации генеральных планов современных морских вокзальных комплексов [20];
- Рассматриваются основные типы конструктивных схем при разработке морских вокзалов [21].

Результаты обзора показывают, что при обилии материалов по речному и железнодорожному транспорту, морская пассажирская архитектура в России остается «белым пятном». Нормативная база, такая как **СП 395.1325800.2018 «Транспортно-пересадочные узлы» [5],** часто содержит обобщенные требования, которые не в полной мере учитывают специфику обслуживания круизных лайнеров последнего поколения.

Инфраструктура яхтинга как фактор ревитализации побережья

Современная архитектура морского туризма немыслима без развития марин. *Н. Гришин* [22,23] в своих исследованиях формулирует концептуальные принципы проектирования портов для яхт, среди которых ключевыми являются градостроительная значимость (формирование «визитной карточки» города), видеоэкологичность и универсальность сооружений. Модернизация марин способствует росту стоимости прилегающих земель и созданию новых общественных пространств.

Региональные аспекты развития круизного туризма в России

Анализ специализированной литературы позволяет выделить несколько географических кластеров развития морской инфраструктуры:

1. Дальневосточный кластер: Исследования *Н. Д. Батракова* [24] посвящены формированию общественных пространств в зоне вокзалов Владивостока. *В. А. Чернов* [25] дополняет этот анализ перспективами расширения круизных линий во всем регионе.

2. Черноморско-Крымский кластер: *Л. И. Храмшина* [26] рассматривает проблемы и перспективы круизного сектора в Республике Крым, а *Л. С. Поцелуйко* и *П. И. Лошаков* [27] предлагают концепции развития транспортных узлов в Ялте, акцентируя внимание на интеграции вокзалов в городскую ткань.

3. Арктический и Балтийский кластеры: *Е. А. Вечера* и *А. А. Филобок* [28] исследуют возможности туристических маршрутов по Северному морскому пути. На Балтике *В. Я. Боренко* [29] рассматривает потенциал порта Пионерский как нового звена в системе международных круизных линий.

Архитектура порта как инструмент социальной регенерации

Современные зарубежные исследования продвигают концепцию «совместной стратегии развития» **(Collaborative Strategy).** В рамках данного подхода порт перестает восприниматься как закрытая режимная зона и трансформируется в открытое общественное пространство, выступающее драйвером социально-экономического развития региона.

Примером практической реализации этой стратегии является реорганизация Port Vell в Барселоне, проект которой **(«Yours ports opens again»)** (рис.1) был удостоен награды ESPO Award за выдающуюся социальную интеграцию портовых территорий. Концентрация портовой активности в южной части порта позволила открыть набережные в историческом центре для жителей,

разместив там музеи, образовательные центры и крупнейший в регионе научный морской кластер.

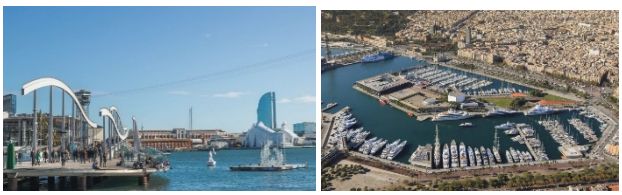


Рисунок 1- Реализованный проект порта Port Vell в Барселоне (Испания). Архитектурное бюро: SCOB Architecture and Landscape

Особую роль в формировании современного облика портов играет «иконическая» архитектура. Мастер-план гавани Таллина до 2030 года, разработанный бюро Zaha Hadid Architects под названием **«Streamcity»** (рис.2), предполагает холистическую интеграцию порта в ДНК города. Проект базируется на создании пешеходных «потоков», общественных променад на крышах терминалов и инновационных парковых зон, что превращает транспортный узел в полноценный жилой и деловой район.

Рисунок 2 - Проект обновленного порта Таллинна (Эстония). Архитектурное бюро Zaha Hadid Architects

Влияние пандемии COVID-19 на проектирование терминалов

Распространение пандемии COVID-19 существенно трансформировало систему пассажирского обслуживания и оказало влияние на конфигурацию маршрутных сетей круизного судоходства, что обусловило необходимость корректировки подходов к развитию портовой инфраструктуры и долгосрочному транспортному планированию. В новых условиях эксплуатации морских терминалов особую значимость приобрели вопросы санитарно-эпидемиологической безопасности, гибкости архитектурно-планировочных решений и устойчивости транспортных комплексов к чрезвычайным ситуациям. Это, в свою очередь, способствовало активизации научных исследований, посвящённых механизмам посткризисного восстановления круизной индустрии и разработке современных моделей модернизации пассажирских портов.

В работе *Лины Гонг (Lina Gong)* [30] **«Development and Operation of the Dalian Cruise Port in China»** анализируются факторы, ограничивающие эффективность функционирования морских пассажирских терминалов, прежде всего нормативные и организационные барьеры.

Проблематика устойчивого развития портовой инфраструктуры подробно раскрывается в исследованиях *Andrade M. J.* [31] и других авторов, посвящённых трансформации европейских круизных портов после пандемии **(«European Cruise Ports: Challenges Since the Pre-Pandemic Era»).** В центре внимания исследователей находятся вопросы безопасности, устойчивости и адаптации портовых комплексов к новым условиям эксплуатации. Подчёркивается, что современная модель функционирования пассажирских терминалов должна учитывать эффективное распределение пассажиропотоков, управление транспортной мобильностью и модернизацию архитектурно-планировочных решений с учётом повышенных санитарных требований.

Вопрос экологического воздействия круизной индустрии на прибрежные города является одной из самых дискутируемых тем в работах профессоров *Pallis A.A.* и *Vaggelas G.K.* [32] из университетов Эгейского моря и Пирея. Авторы подчеркивают, что загрязнение воздуха во время стоянки судов является критическим фактором, требующим архитектурных и инженерных решений.

Заключение

Результаты проведённого исследования показали, существующая система проектирования и развития инфраструктуры морского круизного туризма в России пока не в полной мере отвечает современным международным требованиям, предъявляемым к пассажирским портам.

Исследование подтвердило, что процесс обновления нормативной системы, связанный с переходом от СНиП к современным Сводам правил (СП), до настоящего времени не завершён. Несмотря на частичную модернизацию отдельных документов, сохраняется дефицит регламентов, регулирующих проектирование терминалов для приёма судов большой пассажировместимости, организацию мультимодальной транспортной логистики, внедрение BIM-технологий, интеллектуальных систем управления и экологически ориентированных решений.

В международных проектах особое внимание уделяется формированию комфортной городской среды, внедрению интеллектуальных технологий управления пассажиропотоками и созданию устойчивых прибрежных территорий, ориентированных на экологическую безопасность и высокий уровень сервиса.

В связи с этим наиболее перспективным направлением дальнейшего развития российских морских пассажирских терминалов является переход к модели «вокзала-экосистемы», предполагающей интеграцию транспортной инфраструктуры с общественными пространствами, сервисными функциями и цифровыми платформами управления. Реализация подобного подхода способна обеспечить повышение эффективности портовых комплексов, улучшение качества городской среды и укрепление позиций России в международной системе морского круизного туризма.

Литература

1. СП 463.1325800.2019. Здания речных и морских вокзалов. Правила проектирования. М., 2020.
2. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов. М., 2018.
3. СП 417.1325800.2020. Железнодорожные вокзальные комплексы. Правила проектирования. М., 2021.
4. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения: актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. М., 2022.
5. СП 395.1325800.2018. Транспортно-пересадочные узлы. Правила проектирования. М., 2019.
6. СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования: с изм. № 1. М., 1987.
7. Шлепцова А. Ю. Особенности формирования архитектурно-планировочной структуры и типологии морских вокзалов России 1950 – 1990 гг. / А. Ю. Шлепцова, О. Е. Долинина // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, вып. 6. – С. 841–851. – DOI: 10.22227/1997-0935.2023.6.841-851. – URL: https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.6.841-851 (дата обращения: 07.05.2026).
8. Шлепцова А. Ю. Структура и архитектурный облик круизных портов / А. Ю. Шлепцова // Строительство: наука и образование. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 41–57. – DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.3. – URL: https://doi.org/10.22227/2305-5502.2021.3.3 (дата обращения: 07.05.2026).
9. Гельфонд А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений : учебное пособие / А. Л. Гельфонд. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 280 с. – ISBN 5-9647-0091-6.
10. Джунковский Н. Н. Основы морского строительства / Н. Н. Джунковский. – Москва : Издательство министерства строительства предприятий машиностроения, 1950. – 176 с.
11. Ионов Б. В. Архитектура речных вокзалов и павильонов / Б. В. Ионов. – Москва: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951. – 108 с.
12. Явейн И. Г. Архитектура железнодорожных вокзалов / И. Г. Явейн. – Москва: Издательство Всесоюзной Академии архитектуры, 1938. – 304 с.
13. Голубев Г. Е. Современные вокзалы: железнодорожного, речного, морского, автомобильного и воздушного транспорта / Г. Е. Голубев. – Москва: Стройиздат, 1967. – 210 с.
14. Голубев Г.Е. Транспортные сооружения и узлы в архитектурном ансамбле современного города // Строительство и архитектура, вып. 20, 1984.
15. Жукова Е. С., Молчанов В.М. Эволюция архитектуры речных вокзалов / Е. С. Жукова, В. М. Молчанов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 3-4(92). – С. 197–210. – EDN: ATMTKN (дата обращения: 04.05.2026).
16. Королькова А. В. Обзор современного отечественного опыта проектирования морских вокзалов / А. В. Королькова // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 4-5. – С. 157–161. – EDN: YOONAJ (дата обращения: 04.05.2026).
17. Королькова А. В. Формирование архитектурно-компоновочных решений морских вокзалов / А. В. Королькова // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Москва : МАРХИ, 2017. – С. 487–488. – EDN: YONLEX (дата обращения: 04.05.2026).
18. Котельникова А. В. Особенности развития архитектурно-планировочной организации морского вокзала / А. В. Котельникова // Архитектура и современные информационные технологии. – 2016. – № 1 (34). – С. 7. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2016/1kvart16/kotelnikova/abstract.php (дата обращения: 07.05.2026).
19. Котельникова А. В. Архитектурные классификационные признаки пассажирских вокзалов морских портов / А. В. Котельникова // Наука, образование и экспериментальное проектирование: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Москва: МАРХИ, 2014. – С. 186–187. – EDN: TMXEMJ (дата обращения: 07.05.2026).
20. Котельникова А. В. Современные особенности формирования генеральных планов морских вокзалов / А. В. Котельникова // Наука, образование и экспериментальное проектирование: материалы Междунар.

науч.-практ. конф. – Москва: МАРХИ, 2015. – С. 329–331. – EDN: YQBEGD (дата обращения: 07.05.2026).

21. Королькова А. В. Конструктивные схемы морских вокзалов / А. В. Королькова // Теория и практика современной науки. – 2017. – № 6 (24). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktivnye-shemy-morskih-vokzalov (дата обращения: 07.05.2026).

22. Гришин Н. Марины (порты для яхт) / Н. Гришин // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 3. – С. 88–96. – DOI: 10.22337/2077-9038-2022-3-88-96. – URL: https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-3-88-96 (дата обращения: 07.05.2026).

23. Гришин Н. Марины (порты для яхт). Часть II. Состояние, история и перспективы развития инфраструктуры яхтинга на Черноморском побережье Краснодарского края / Н. Гришин // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 4. – С. 108–114. – DOI: 10.22337/2077-9038-2022-4-108-114. – URL: https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-4-108-114 (дата обращения: 07.05.2026).

24. Батраков Н. Д., Лошаков П.И. Формирование общественного пространства в зоне морского и железнодорожного вокзалов во Владивостоке / Н. Д. Батраков, П. И. Лошаков // Актуальные проблемы архитектуры : материалы 71-й Всерос. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2018. – С. 14–20. – EDN: CRFOBK (дата обращения: 04.05.2026).

25. Чернов В. А. Перспективы развития морского круизного туризма на Дальнем Востоке / В. А. Чернов // Актуальные проблемы теории и истории государства и права : сб. науч. тр. – Хабаровск : ДВГУПС, 2022. – С. 170–177. – EDN: IRQTCW (дата обращения: 07.05.2026).

26. Храмшина Л. И. Проблемы и перспективы развития круизного туризма в Республике Крым / Л. И. Храмшина // Приоритеты развития социогуманитарного знания, экономики и права. – Кисловодск, 2017. – С. 165–168. – EDN: ZIKQMN (дата обращения: 07.05.2026).

27. Поцелуйко Л. С., Лошаков П.И. Концепция развития прибрежной территории с транспортным узлом в Г. Ялте / Л. С. Поцелуйко, П. И. Лошаков // Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – С. 149–153. – EDN: VUHSCP (дата обращения: 07.05.2026).

28. Вечера Е. А., Филобок А.А. Перспективы организации туристических маршрутов по Северному морскому пути / Е. А. Вечера, А. А. Филобок // Туристско-рекреационный комплекс в системе регионального развития. – Небуг : КубГУ, 2023. – С. 86–89. – EDN: ROSBNM (дата обращения: 07.05.2026).

29. Боренко В. Я. Анализ морских круизных линий на Балтике и перспективы порта Пионерский / В. Я. Боренко // Дни науки : материалы межвуз. науч.-техн. конф. – Калининград : КГТУ, 2018. – С. 377–381. – EDN: YOPZAT (дата обращения: 07.05.2026).

30. Gong L. Development and Operation of the Dalian Cruise Port in China / L. Gong // Discrete Dynamics in Nature and Society. – 2022. – DOI: 10.1155/2022/8990331. – URL: https://doi.org/10.1155/2022/8990331 (accessed: 04.05.2026).

31. Andrade M. J., Costa J.P., Jiménez-Morales E. Challenges for European Tourist-City-Ports: Strategies for a Sustainable Coexistence in the Cruise Post-COVID Context / M. J. Andrade, J. P. Costa, E. Jiménez-Morales // Land. – 2021. – Vol. 10, no. 11. – DOI: 10.3390/land10111269. – URL: https://doi.org/10.3390/land10111269 (accessed: 07.05.2026).

32. Pallis A.A., Vaggelas G.K. Cruise shipping and green ports: a strategic challenge / A. A. Pallis, G. K. Vaggelas // Green Ports : Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies / ed. by R. Bergqvist, J. Monios. – Elsevier, 2019. – P. 255–273 (accessed: 07.05.2026).

Architectural and spatial transformation and modernization of the infrastructure of marine cruise tourism in Russia: a systematic analytical review of the scientific and theoretical base

Shleptsova A.Y., Sabitov L.S., Nabiullina K.R.

Peoples' Friendship University of Russia. Patrice Lumumba (RUDN University), Moscow State University of Civil Engineering, Kazan (Volga Region) Federal University

JEL classification: L61, L74, R53

The current state of the Russian Federation's port infrastructure requires a deep rethinking of approaches to technical regulation and architectural design. Over the past decades, the industry has operated within the framework of an inertial model based on standards laid down back in the 1970s and 1980s, which has led to significant moral and technological obsolescence of the country's "sea gate". At the same time, the global cruise shipping industry is showing rapid development: the emergence of ultra-large-capacity vessels, stricter international environmental requirements and the massive introduction of information modeling (BIM) technologies have created a critical gap between the current market needs and the existing regulatory framework of the Russian Federation.

This analytical review is a systematic study of the transition from the deterministic Soviet system of Building Codes (SNiP) to modern Codes of Practice (SP). The paper identifies areas of regulatory vacuum, in particular in the calculation of the capacity of terminals for mega-liners and the implementation of the principles of the «green port».

Keywords: marine stations, cruise ports, river terminals, transport hubs, multifunctional marine station complexes, regulatory framework, sustainable development.

References

1. SP 463.1325800.2019. Zdaniya rechnykh i morskikh vokzalov. Pravila proektirovaniya. Moscow, 2020.
2. SP 350.1326000.2018. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya morskikh portov. Moscow, 2018.
3. SP 417.1325800.2020. Zheleznodorozhnye vokzal'nye kompleksy. Pravila proektirovaniya. Moscow, 2021.
4. SP 118.13330.2022. Obshchestvennye zdaniya i sooruzheniya: aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 31-06-2009. Moscow, 2022.
5. SP 395.1325800.2018. Transportno-peresadochnye uzly. Pravila proektirovaniya. Moscow, 2019.
6. SNiP 2.06.01-86. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Osnovnye polozheniya proektirovaniya: s izm. no. 1. Moscow, 1987.
7. Shleptsova A.Yu., Dolinina O.E. Osobennosti formirovaniya arkhitekturno-planirovochnoi struktury i tipologii morskikh vokzalov Rossii 1950–1990 gg. Vestnik MGSU, 2023, vol. 18, issue 6, pp. 841–851. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.6.841-851. Available at: https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.6.841-851 (accessed: 07.05.2026).
8. Shleptsova A.Yu. Struktura i arkhitekturnyi oblik kruiznykh portov. Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 41–57. DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.3. Available at: https://doi.org/10.22227/2305-5502.2021.3.3 (accessed: 07.05.2026).
9. Gel'fond A.L. Arkhitekturnoe proektirovanie obshchestvennykh zdanii i sooruzhenii: uchebnoe posobie. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2006. 280 p. ISBN 5-9647-0091-6.
10. Dzhunkovskii N.N. Osnovy morskogo stroitel'stva. Moscow, Izdatel'stvo ministerstva stroitel'stva predpriyatii mashinostroeniya Publ., 1950. 176 p.
11. Ionov B.V. Arkhitektura rechnykh vokzalov i pavil'onov. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu i arkhitekture Publ., 1951. 108 p.
12. Yavein I.G. Arkhitektura zheleznodorozhnykh vokzalov. Moscow, Izdatel'stvo Vsesoyuznoi Akademii arkhitektury Publ., 1938. 304 p.
13. Golubev G.E. Sovremennye vokzaly: zheleznodorozhnogo, rechnogo, morskogo, avtomobil'nogo i vozdushnogo transporta. Moscow, Stroiizdat Publ., 1967. 210 p.
14. Golubev G.E. Transportnye sooruzheniya i uzly v arkhitekturnom ansamble sovremennogo goroda. Stroitel'stvo i arkhitektura, issue 20, 1984.
15. Zhukova E.S., Molchanov V.M. Evolyutsiya arkhitektury rechnykh vokzalov. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2023, no. 3-4(92), pp. 197–210. EDN: ATMTKN (accessed: 04.05.2026).
16. Korol'kova A.V. Obzor sovremennogo otechestvennogo opyta proektirovaniya morskikh vokzalov. Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii, 2017, no. 4-5, pp. 157–161. EDN: YOONAJ (accessed: 04.05.2026).
17. Korol'kova A.V. Formirovanie arkhitekturno-komponovochnykh reshenii morskikh vokzalov. Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie: tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Moscow, MARKHI Publ., 2017, pp. 487–488. EDN: YONLEX (accessed: 04.05.2026).
18. Kotel'nikova A.V. Osobennosti razvitiya arkhitekturno-planirovochnoi organizatsii morskogo vokzala. Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii, 2016, no. 1(34), p. 7. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2016/1kvart16/kotelnikova/abstract.php (accessed: 07.05.2026).
19. Kotel'nikova A.V. Arkhitekturnye klassifikatsionnye priznaki passazhirskikh vokzalov morskikh portov. Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie: tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Moscow, MARKHI Publ., 2014, pp. 186–187. EDN: TMXEMJ (accessed: 07.05.2026).
20. Kotel'nikova A.V. Sovremennye osobennosti formirovaniya general'nykh planov morskikh vokzalov. Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Moscow, MARKHI Publ., 2015, pp. 329–331. EDN: YQBEGD (accessed: 07.05.2026).
21. Korol'kova A.V. Konstruktivnye skhemy morskikh vokzalov. Teoriya i praktika sovremennoi nauki, 2017, no. 6(24). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktivnye-shemy-morskih-vokzalov (accessed: 07.05.2026).
22. Grishin N. Mariny (porty dlya yakht). Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo, 2022, no. 3, pp. 88–96. DOI: 10.22337/2077-9038-2022-3-88-96. Available at: https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-3-88-96 (accessed: 07.05.2026).
23. Grishin N. Mariny (porty dlya yakht). Part II. Sostoyanie, istoriya i perspektivy razvitiya infrastruktury yakhtinga na Chernomorskom poberezh'e Krasnodarskogo kraya. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo, 2022, no. 4, pp. 108–114. DOI: 10.22337/2077-9038-2022-4-108-114. Available at: https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-4-108-114 (accessed: 07.05.2026).
24. Batrakov N.D., Loshakov P.I. Formirovanie obshchestvennogo prostranstva v zone morskogo i zheleznodorozhnogo vokzalov vo Vladivostoke. Aktual'nye problemy arkhitektury: materialy 71-i Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Saint Petersburg, SPbGASU Publ., 2018, pp. 14–20. EDN: CRFOBK (accessed: 04.05.2026).
25. Chernov V.A. Perspektivy razvitiya morskogo kruiznogo turizma na Dal'nem Vostoke. Aktual'nye problemy teorii i istorii gosudarstva i prava: sbornik nauchnykh trudov. Khabarovsk, DVGUPS Publ., 2022, pp. 170–177. EDN: IRQTCW (accessed: 07.05.2026).
26. Khramshina L.I. Problemy i perspektivy razvitiya kruiznogo turizma v Respublike Krym. Prioritety razvitiya sotsiogumanitarnogo znaniya, ekonomiki i prava. Kislovodsk, 2017, pp. 165–168. EDN: ZIKQMN (accessed: 07.05.2026).
27. Potseluiko L.S., Loshakov P.I. Kontseptsiya razvitiya pribrezhnoi territorii s transportnym uzlom v g. Yalte. Sovremennye obshchestvennye prostranstva kak instrument razvitiya gorodskoi sredy. Saint Petersburg, SPbGASU Publ., 2022, pp. 149–153. EDN: VUHSCP (accessed: 07.05.2026).
28. Vechera E.A., Filobok A.A. Perspektivy organizatsii turisticheskikh marshrutov po Severnomu morskomu puti. Turistsko-rekreatsionnyi kompleks v sisteme regional'nogo razvitiya. Nebug, KubGU Publ., 2023, pp. 86–89. EDN: ROSBNM (accessed: 07.05.2026).
29. Borenko V.Ya. Analiz morskikh kruiznykh linii na Baltike i perspektivy porta Pionerskii. Dni nauki: materialy mezhvuzovskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. Kaliningrad, KGTU Publ., 2018, pp. 377–381. EDN: YOPZAT (accessed: 07.05.2026).

Совершенствование метода проектирования фундаментов реконструируемых зданий при их усилении сваями с учетом осадок, не превышающих допустимые пределы

Полищук Анатолий Иванович
д-р. техн. наук, профессор кафедры оснований и фундаментов, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ofpai@mail.ru,

Шмидт Олег Александрович
канд. техн. наук, доцент кафедры оснований и фундаментов, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, shmidtoleg55@list.ru,

Харитонов Александр Юрьевич
генеральный директор ООО «Техноресурс», tplast08@mail.ru

В рамках исследования совершенствуется метод расчета фундаментов реконструируемых зданий при их усилении сваями. Известно, что при реконструкции зданий предельные дополнительные их осадки ограничиваются значениями от 1 до 4 см. При таких значениях осадки дополнительно устраиваемые сваи могут не достичь расчетной нагрузки по СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Следовательно, необходим аналитический метод определения усилий в сваях при их заданной предельно допустимой осадке. Предлагаемый метод расчета основан на решении задачи теории упругости в плоской постановке. Аналитическая модель представляет собой вытянутый вдоль вертикальной оси вырез эллиптической формы. Решение задачи выполняется относительно перемещений выреза в линейно деформируемом полупространстве. Для решения модель отображается на конформно вспомогательную полуплоскость через функции отображения. В результате решения второй основной задачи теории упругости были получены функции напряжений и уравнения для определения главных и касательных напряжений на границах выреза при его заданном перемещении. Для определения усилий в свае при ее заданной осадке строится эпюра максимальных касательных напряжений. Критерием прочности по боковой поверхности свай принято условие Мора-Кулона. Для определения несущей способности сваи при ее заданной осадке суммируются значения трения по боковой поверхности, полученные по выведенной формуле, не превышающие условие прочности Мора-Кулона. Апробация предложенного метода проводилась при статических испытаниях свай в г. Москве. Была получена удовлетворительная сходимость результатов расчета по предлагаемому аналитическому методу с данными натурных испытаний.

Ключевые слова: фундаменты реконструируемых зданий, метод расчета, плоская задача, касательные напряжения, допустимая осадка.

Введение

В настоящее время в связи с развитием исторических центров крупных городов приходится сталкиваться с необходимостью реконструкции длительно эксплуатируемых зданий. Известно, что для реконструируемых зданий предъявляются требования по ограничению их дополнительных осадок. При этом величина допустимой дополнительной осадки не должна превышать 4 см (СП 22.13330.2016). В случае с реконструкцией зданий исторической застройки дополнительные осадки ограничиваются значениями до 1,0 см. При таких значениях дополнительной осадки фундаментов (1,0-4,0 см) возникают сложности обеспечения качества дополнительно устраиваемых свай на этапе усиления фундаментов. Указанные требования по ограничению осадок должны учитываться на этапе проектирования и реконструкции зданий.

Исследованиями работы фундаментов реконструируемых зданий, усиленных сваями, занимались А.И. Полищук, Р.А. Мангушев, А.А. Филиппович, А.А. Петухов, И.В. Семенов, Р.В. Мирошниченко, Х.А. Джантимиров и др. В рамках исследований были предложены новые методы расчета и конструирования фундаментов реконструируемых зданий, способы их усиления, выполнена опытно-промышленная апробация [1-4]. Существующие методы расчета основаны в большинстве случаев либо на математической аппроксимации результатов численных расчетов [5-7], либо на применении эмпирических коэффициентов для определения осадки реконструируемого фундамента [8,9]. При этом работе свай при ограничении их осадки уделено недостаточно внимания. Кроме того, эмпирические формулы имеют ограниченную область применения ввиду недостаточного количества экспериментальных данных.

Основные результаты работы.

Для решения задачи определения несущей способности сваи при ее заданной осадке были приняты следующие допущения:

1. Решается плоская задача в упругой постановке;
2. Свая представляется в виде длинного стержня со сглаженным концом;
3. Принято, что при малых дополнительных осадках нижний конец сваи в работу не включается, и свая работает только по боковой поверхности (сдвиговая осадка не достигается);
4. Критерием достижения условия прочности по контакту бетон-грунт принято условие прочности Кулона-Мора.

Предлагаемая методика основана на решении плоской задачи теории упругости. Свая представляется в виде вытянутого в вертикальном направлении выреза со сглаженным концом при $x = 0$ и $y = ix$. Расчетная схема задачи приведена на рис. 1.

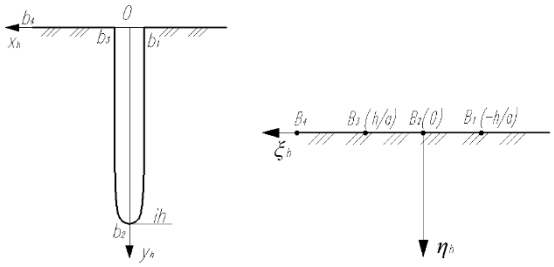
Зададим точкам выреза одинаковое перемещение вдоль оси *oy:* g_2=-v_0

Отобразим конформно вспомогательную полуплоскость без выреза при $\eta \geq 0$ (Рис. 1б) на заданную полуплоскость с вырезом следующей функцией [10]:

$$Z_h = \omega(\zeta_h) = \sqrt{a^2 \cdot \zeta_h^2 - h^2} + \zeta_h;$$
$$Z_h = x_h + iy_h;$$
$$\zeta_h = \xi_h + i\eta_h. \quad (1)$$

Представим соответствие точек при конформном отображении:

$$\zeta_h = 0 \to Z_h = ih\ (B_2 \to b_2);$$
$$\zeta_h = \frac{h}{a} \to Z_h = \frac{h}{a}\ (B_3 \to b_3);$$
$$\zeta_h = -\frac{h}{a} \to Z_h = -\frac{h}{a}\ (B_1 \to b_1);$$
$$\zeta_h = \infty \to Z_h = \infty\ (B_4 \to b_4);$$



а) б)
Рис. 1. Расчетная схема:
а) расчетная область
б) вспомогательная полуплоскость

Отображение точек контура $-\infty < \xi < +\infty, \eta > 0$ выражается функцией:

$$Z_h = i\sqrt{h^2 - a^2 \cdot \xi_h^2} + \xi_h, |\xi_h| \le \frac{h}{a}; \quad (2)$$

$$x_h = \sqrt{a^2 \cdot \xi_h^2 - h^2} + \xi_h, |\xi_h| > \frac{h}{a}; \quad (3)$$

Формулу (2) заменим на формулу (2′) в параметрическом виде и в относительных координатах:

$$\frac{x_h}{h} = \frac{\xi_h}{h}; \frac{y_h}{h} = \sqrt{1 - a^2 \cdot \left(\frac{\xi_h}{h}\right)^2}, |\xi_h| > \frac{h}{a}; \quad (2')$$

Формулу (3) заменим формулой (3′):

$$\frac{x_h}{h} = \sqrt{a^2 \cdot \left(\frac{\xi_h}{h}\right)^2 - 1} + \frac{\xi_h}{h}; |\xi_h| > \frac{h}{a}; \quad (3')$$

Для упрощения записи заменим в (2′) и (3′) абсолютные координаты на относительные:

$$\frac{x_h}{h} = x; \frac{y_h}{h} = y; \frac{\xi_h}{h} = \xi,$$

т. е. на границе области имеем:

$$x = \xi; y = \sqrt{1 - a^2 \cdot \xi^2}, |\xi| \le \frac{1}{a};$$

$$x = \sqrt{a^2 \cdot \xi^2 - 1} + \xi, |\xi| > \frac{1}{a};$$

Для решения второй основной задачи теории упругости необходимо определить функции напряжений $\varphi(\zeta)$ и $\psi(\zeta)$, удовлетворяющие дифференциальному уравнению [11]:

$$2 \cdot \mu \cdot (g_1 + ig_2) = æ \cdot \varphi(\zeta) - \frac{\omega(\zeta)}{\overline{\omega'(\zeta)}} \cdot \overline{\varphi'(\zeta)} + \overline{\psi(\zeta)}, \quad (4)$$

где $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$, $æ = 3 - 4\nu$;

ν – коэффициент Пуассона;

E – модуль упругости;

g_1 и g_2 – перемещения вдоль осей *Ox* и *Oy*, соответственно.

$$\frac{\omega(\zeta)}{\overline{\omega'(\zeta)}} = \frac{\left(\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \zeta\right) \cdot \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}{\overline{a^2\zeta + \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}}$$

На границе вспомогательной полуплоскости (η=0) $\zeta = \xi$ – действительная переменная. Обозначим $\xi = t$, $-\infty < t < +\infty$. Для точек границы уравнение (4) примет вид:

$$2 \cdot \mu \cdot ig_2 = æ \cdot \varphi(t) - \frac{\omega(t)}{\omega'(t)} \cdot \overline{\varphi'(t)} + \overline{\psi(t)}, \quad (5)$$

Умножим обе части уравнения (5) на дробь $\frac{dt}{2\pi i \cdot (t-\zeta)}$ и проинтегрируем его по Коши:

$$-\frac{\mu \cdot v_0}{\pi} \int_{-\frac{1}{a}}^{\frac{1}{a}} \frac{dt}{t-\zeta} = æ \cdot \varphi(\zeta),$$

или $\varphi(\zeta) = \frac{-\mu \cdot v_0}{\pi \cdot æ} \ln \frac{1/a - \zeta}{1/a + \zeta}$ (6)

Выражение (6) стремится к нулю при $\zeta \to \infty$

Сопряженное к (5) уравнение имеет вид:

$$-2 \cdot \mu \cdot ig_2 = æ \cdot \overline{\varphi(t)} - \frac{\overline{\omega(t)}}{\omega'(t)} \cdot \varphi'(t) + \psi(t), \quad (7)$$

где $g_2 \begin{cases} -v_0, -1/a \le t \le 1/a \\ 0, |t| > 1/a. \end{cases}$

$$\frac{\overline{\omega(t)}}{\omega'(t)} = \frac{\left(\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \zeta\right) \cdot \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}{a^2\zeta + \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}} \quad (8)$$

Умножим обе части уравнения (7) на дробь $\frac{dt}{2\pi i \cdot (t-\zeta)}$ и проинтегрируем его по Коши от $t = -\infty$ до $t = +\infty$:

$$\frac{\mu \cdot v_0}{\pi} \int_{-\frac{1}{a}}^{\frac{1}{a}} \frac{dt}{t-\zeta} = -\frac{\overline{\left(\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \zeta\right) \cdot \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}}{a^2\zeta + \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}} \varphi'(\zeta) - \psi(\zeta), \quad (9)$$

откуда

$$\psi(\zeta) = \frac{-\mu \cdot v_0}{\pi} \ln \frac{\frac{1}{a} - \zeta}{\frac{1}{a} + \zeta} - \left(\frac{\overline{\left(\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \zeta\right) \cdot \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}}{a^2\zeta + \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}\right)_w \cdot \frac{\mu \cdot v_0}{\pi \cdot æ} \cdot \frac{\frac{2}{a}}{\frac{1}{a^2} - \zeta^2}; \quad (10)$$

Выражение (10) стремится к нулю при $\zeta \to \infty$

$$\varphi'(\zeta) = \frac{-\mu \cdot v_0}{\pi \cdot æ} \left(\frac{-1}{1/a - \zeta} - \frac{1}{1/a + \zeta}\right) = \frac{\mu \cdot v_0}{\pi \cdot æ} \cdot \frac{2/a}{1/a^2 - \zeta^2}. \quad (11)$$

Вычисление напряжений на границах контура. Вычисления напряжений через вспомогательные координаты производится по формулам [11]:

$$\begin{cases} \sigma_\xi + \sigma_\eta = 4Re\Phi(\zeta) \\ \sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = \frac{2}{\omega'(\zeta)}\left(\overline{\omega(\zeta)} \cdot \Phi'(\zeta) + \omega'(\zeta) \cdot \Psi(\zeta)\right)' \end{cases} \quad (12)$$

где $\Phi(\zeta) = \varphi'(\zeta)$;

$\Psi(\zeta) = \psi'(\zeta)$.

В заданных координатах (*x;y*):

$$\begin{cases} \sigma_\xi + \sigma_\eta = \sigma_x + \sigma_y \\ \sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = (\sigma_y - \sigma_x + 2i\tau_{xy}) \frac{\omega'(\zeta)}{\overline{\omega'(\zeta)}}, \end{cases} \quad (13)$$

Первое из уравнений (12) и (13) для $\xi = t$ при $t \le 1/a$ примет вид:

$$\sigma_\xi + \sigma_\eta = \frac{\mu \cdot v_0}{\pi \cdot æ} \cdot \frac{2/a}{1 - a^2t^2} = a_1 \cdot v_0 \cdot \frac{2/a}{1 - a^2t^2} \quad (14)$$

Распишем слагаемые для второго уравнения из формулы (12):

1) $\Phi'(\zeta) = \varphi''(\zeta)|_{|t| \le 1/a} = \frac{\mu \cdot v_0}{\pi \cdot æ} \cdot \frac{\frac{4t}{a}}{\left(\frac{1}{a^2t^2}\right)} = a_1 v_0 \frac{4a^3 t}{(1 - a^2t^2)^2}$

2) $\Psi(\zeta) = \psi'(\zeta)|_{|t| \le 1/a}$

$$\left.\frac{\overline{\omega(\zeta)}}{\overline{\omega'(\zeta)}}\right|_{|t| \le \frac{1}{a}} = \frac{\left(-i\sqrt{1 - a^2t^2} + t\right)\left(-i\sqrt{1 - a^2t^2}\right)}{a^2t - i\sqrt{1 - a^2t^2}} =$$

$$= \frac{(-1 + a^2t^2 - it\sqrt{1 - a^2t^2})(a^2t + i\sqrt{1 - a^2t^2})}{a^4t^2 + 1 - a^2t^2} = r_1 + ir_2 \quad (15)$$

где $r_1 = \frac{a^2t(a^2t^2 - 1) + t(1 - a^2t^2)}{a_7} = \frac{t(1 - a^2t^2)(1 - a^2)}{a_7}$

$$r_2 = \frac{-\sqrt{1 - a^2t^2}}{a_7}$$

$$a_7 = a^4t^2 + 1 - a^2t^2; \; a_1 = \frac{\mu}{\pi æ}$$

$$\left.\frac{\omega'(\zeta)}{\overline{\omega'(\zeta)}}\right|_{|t| \le \frac{1}{a}} = \frac{(a^2t + i\sqrt{1 - a^2t^2})(-i\sqrt{1 - a^2t^2})}{(a^2t - i\sqrt{1 - a^2t^2})(i\sqrt{1 - a^2t^2})} =$$

$$= -\frac{\left(a^2t + i\sqrt{1 - a^2t^2}\right)^2}{a^4t^2 + 1 - a^2t^2} = g_1 + iq_2$$

где $g_1 = -\frac{a^4t^2 - 1 + a^2t^2}{a_7}$ (16)

$$q_2 = -\frac{2a^2t\sqrt{1 - a^2t^2}}{a_7}$$

Из формулы (3) проинтегрируем фрагмент с индексом «w»:

$$(\ldots)'_w = \frac{\left(\left(\frac{a^2\zeta}{\sqrt{a^2\zeta^2 - 1}} + 1\right)\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \left(\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \zeta\right)\frac{a^2\zeta}{\sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}\right)a_3}{a_3^2} -$$

$$- \frac{\left(\sqrt{a^2\zeta^2 - 1} + \zeta\right)\sqrt{a^2\zeta^2 - 1}\left(a^2 + \frac{a^2\zeta}{\sqrt{a^2\zeta^2 - 1}}\right)}{a_3^2},$$

где $a_3 = a^2\zeta + \sqrt{a^2\zeta^2 - 1}$.

При $\zeta = t$ и $|t| \le \frac{1}{a}$ имеем:

$$(\ldots)'_w|_{|t| \le \frac{1}{a}} = \frac{\left(\frac{a^2t}{-i\sqrt{1 - a^2t^2}} + 1\right)i\sqrt{1 - a^2t^2}}{a^2t + i\sqrt{1 - a^2t^2}} + \frac{(-i\sqrt{1 - a^2t^2} + t)a^2t}{i\sqrt{1 - a^2t^2}} -$$

$$- \frac{\left(-i\sqrt{1 - a^2t^2} + t\right)i\sqrt{1 - a^2t^2} \cdot a^2 \frac{i\sqrt{1 - a^2t^2} + t}{i\sqrt{1 - a^2t^2}}}{\left(a^2t + i\sqrt{1 - a^2t^2}\right)^2} =$$

$$= -\frac{(a^4t^2 - 1 + a^2t^2) - 2ia^2t\sqrt{1 - a^2t^2}}{a^4t^2 - 1 + a^2t^2} -$$

$$- \frac{a^2t}{\sqrt{1 - a^2t^2}} \cdot \frac{\left(t\sqrt{1 - a^2t^2} + a^2t\sqrt{1 - a^2t^2} + i(2a^2t^2 - 1)\right)}{a^4t^2 - 1 + a^2t^2} -$$

$$- \frac{a^2(t^2 + 1 - a^2t^2)(a^4t^2 - 1 + a^2t^2 - 2ia^2t\sqrt{1 - a^2t^2})}{(a^4t^2 - 1 + a^2t^2)^2 + 4a^4t^2(1 - a^2t^2)} = B_1 + iB_2 \quad (17)$$

где $B_1 = -\frac{a_4}{a_7} - \frac{a^2t^2(1+a^2)}{a_7} - \frac{a^2a_6a_4}{a_4^2+4a_5^2}$

$$B_2 = \frac{2a_5}{a_7} - \frac{a^2t(2a^2t^2-1)}{a_7\sqrt{1-a^2t^2}} + \frac{a^2(t^2+1-a^2t^2)2a_5}{a_4^2+4a_5^2}$$

$$a_4 = a^4t^2 - 1 + a^2t^2$$

$$a_5 = a^2t\sqrt{1-a^2t^2}$$

$$a_6 = (1-a^2)t^2 + 1$$

$$a_7 = a^4t^2 + 1 - a^2t^2$$

$$(\dots)_w\big|_{|t|\le\frac{1}{a}} = \frac{\left(-i\sqrt{1-a^2t^2}+t\right)i\sqrt{1-a^2t^2}}{a^2t+i\sqrt{1-a^2t^2}} =$$

$$= \frac{\left(1-a^2t^2+it\sqrt{1-a^2t^2}\right)\left(a^2t-i\sqrt{1-a^2t^2}\right)}{a^4t^2-1+a^2t^2} =$$

$$= \frac{a^2t(1-a^2t^2)+t(1-a^2t^2)+i(2a^2t^2-1)\sqrt{1-a^2t^2}}{a_7} =$$

$$= S_1 + iS_2 \qquad (18)$$

где $S_1 = -\frac{t(1-a^2t^2)(1+a^2)}{a_7}$

$$S_2 = \frac{(2a^2t^2-1)\sqrt{1-a^2t^2}}{a_7}$$

Теперь выпишем выражение для функции $\Psi(t)$ с подстановкой выражений из формулы (17):

$$\Psi(t)\big|_{|t|\le\frac{1}{a}} = \frac{\mu\cdot v_0}{\pi}\cdot\frac{2/a}{1/a^2-t^2} - (B_1+iB_2)\frac{\mu\cdot v_0}{\pi\cdot æ}\cdot\frac{2/a}{1/a^2-t^2} +$$

$$+(S_1+iS_2)\frac{\mu\cdot v_0}{\pi\cdot æ}\cdot\frac{4t/a}{(1/a^2-t^2)^2} = -a_1v_0(p_1+ip_2) \qquad (19)$$

где $p_1 = \frac{-2aæ}{1-a^2t^2} + \frac{2aB_1}{1-a^2t^2} - \frac{4a^3tS_1}{(1-a^2t^2)^2}$

$$p_2 = \frac{2aB_2}{1-a^2t^2} - \frac{4a^3tS_2}{(1-a^2t^2)^2}$$

Из второго уравнения в формуле (12) получаем после подстановок из формул (15), (16) и (19):

$$\sigma_\eta - \sigma_\xi + 2i\tau_{\xi\eta} = 2\{(r_1+ir_2)a_1v_0\cdot\frac{4a^3t}{(1-a^2t^2)^2} -$$

$$-(q_1+iq_2)a_1v_0(p_1+ip_2)\} \qquad (20)$$

Откуда получаем, разделяя действительные и мнимые части, два уравнения:

$$\sigma_\eta - \sigma_\xi = -2a_1v_0\left(\frac{-4a^3tr_1}{(1-a^2t^2)^2} + q_1p_1 - q_2p_2\right) \qquad (21)$$

$$\tau_{\xi\eta} = -a_1v_0\left(\frac{-4a^3tr_2}{(1-a^2t^2)^2} + q_1p_2 + q_2p_1\right) \qquad (22)$$

Решая совместно уравнения (14) и (21), получаем значения σ_ξ и σ_η, тангенциальные и нормальные к границе напряжения соответственно. По формуле (22) определяем касательные напряжения на контуре выреза.

Для определения действующих нагрузок на сваи при их заданной осадке необходимо определить значения максимальных касательных напряжений τ_{max}, для этого необходимо перейти к главным напряжениям (σ_1 и σ_2):

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_\xi+\sigma_\eta}{2} + \sqrt{\frac{(\sigma_\xi-\sigma_\eta)^2}{4} + {\tau_{\xi\eta}}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_\xi+\sigma_\eta}{2} - \sqrt{\frac{(\sigma_\xi-\sigma_\eta)^2}{4} + {\tau_{\xi\eta}}^2}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1-\sigma_2}{2} \qquad (23)$$

Значения максимальных касательных напряжений τ_{max}, полученные по формуле (23), необходимо сравнить с предельно допустимыми по формуле (24):

$\tau_{max} \le K_0\sigma_z\tan\varphi + C$, (24)

где K_0 – коэффициент бокового давления грунта;

σ_z – вертикальные давления в массиве грунта;

φ и C – прочностные характеристики грунта.

Расчетная схема для определения усилий в свае при ее заданной осадке приведена на рисунке 2.

Полученные значения касательных напряжений умножаются на площадь боковой поверхности сваи и суммируются. На участках, где вычисленные по формуле (23) значения касательных напряжений превышают предельные по условию прочности Кулонна-Мора, принимаются для расчета значения, вычисленные по формуле (24).

Апробация разработанного метода проводилась при проведении натурных испытаний свай-баретт в г. Москве [12]. Статические испытания проводились для четырех железобетонных натурных баретт длиной 39,84…43,29 м (ББ-1, длина 43,29 м; ББ-2, длина 42,9 м; ББ-3, длина 39,84 м; ББ-4, длина 39,84 м). Каждая баретта имела поперечное сечение 1,0 х 2,8 м; они были изготовлены из монолитного бетона класса В40. Баретты нижним концом опирались на твердую глину. Вдоль боковой поверхности баретт залегали пески пылеватой, мелкой и средней крупности, а также суглинки полутвердые и тугопластичные.

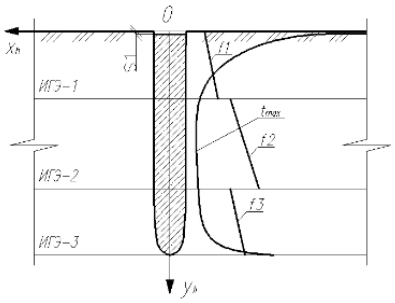


Рис. 2. Расчетная схема для определения усилий в свае при ее заданной осадке

Испытания проводились по ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». Для проведения полевых испытаний баретт устраивалось четыре установки специальной конструкции. Каждая установка состояла из одной натурной баретты, системы металлических балок с гидравлическими домкратами и восьми анкерных буронабивных свай диаметром 1000 мм, длиной 36 м.

Программой испытаний была также предусмотрена установка датчиков для контроля трения грунта по боковой поверхности баретт (в 7 уровнях) и оценки давления (сопротивления) грунта в уровне их нижнего конца. Всего было установлено 42 датчика струнного типа для каждой баретты. Результаты определения трения по боковой поверхности баретт приведены на рис. 3.

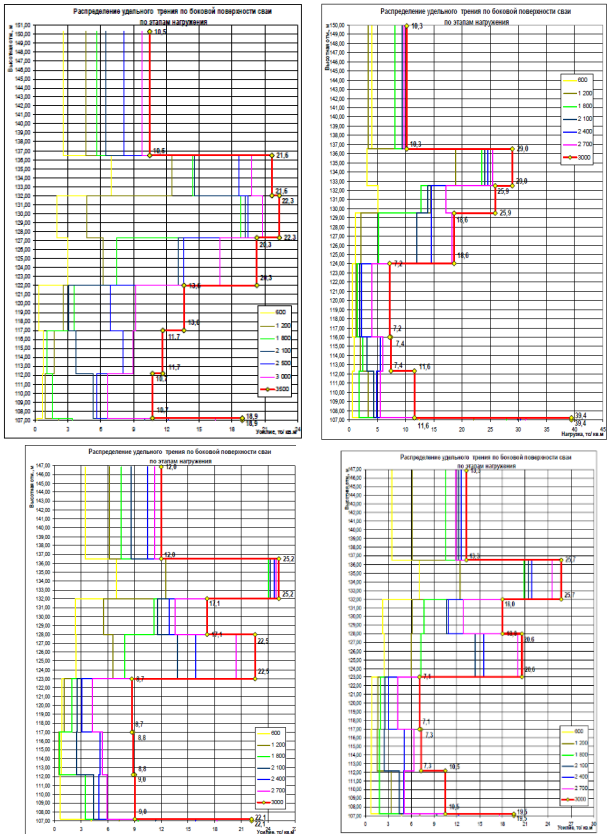


Рис. 3. Результат определения трения по боковой поверхности баретт ББ1-ББ4

Установка для испытаний баретт представляла собой систему упорных метеллических балок, установленных на оголовках анкерных буронабивных свай. Нагружение баретт производилось группой гидравлических домкратов марки ДГ300П150 г/п. Осадка баретт замерялась с помощью индикаторов часового типа ИЧ-50. Ступени нагружения при этом не должны были превышать 10% от заданной наибольшей нагрузки на испытываемую баретту.

Эпюры для определения усилий в баретте ББ-2 приведены на рис. 4. Цифрой «1» на рисунке приведена эпюра распределения максимальных касательных напряжений τ_{max}, полученная по формуле (23).

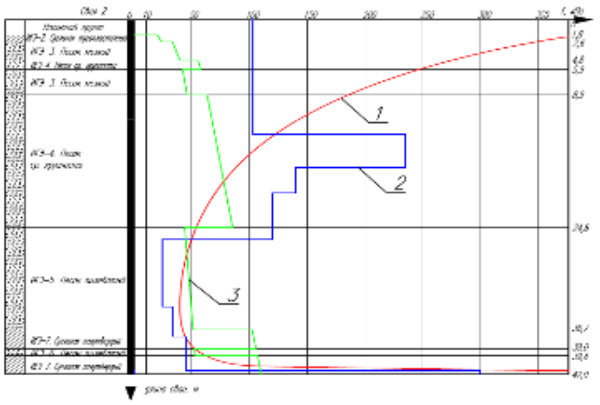


Рис. 4. Эпюры трения по боковой поверхности сваи-баретты ББ-2: 1 – теоретические значения трения по боковой поверхности сваи, полученные по формуле (23), кПа; 2 – экспериментально полученные значения трения, кПа; 3 – теоретические значения трения по СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»

Как видно из рис. 4, фактически полученные значения трения по боковой поверхности сваи-баретты существенно превышают расчетные предельно допустимые значения трения, рассчитанные по СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». При этом полученная при испытаниях эпюра распределения фактического трения по боковой поверхности сваи имеет хорошую сходимость с теоретически полученными по формуле (23) значениями.

Несущая способность сваи-баретты по боковой поверхности при ограничении ее осадки в 5 мм составила 6848,3 кН, что ниже расчетного значения несущей способности, вычисленной по СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты (7140 кН). Предложенный метод расчета можно пользоваться не только для определения усилий в свае при ее заданной осадке, но и для определения значения ее сдвиговой осадки [13, 14].

Основные выводы.

В результате исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Разработан метод расчета доли внешней нагрузки на дополнительно устраиваемые сваи, используемые для усиления фундаментов реконструируемых зданий, при ограничении их предельной осадки.
2. При сопоставлении результатов расчета действующих нагрузок на сваи с данными натурных статических испытаний получена удовлетворительная сходимость результатов.

Литература

1. Мальганов, А. И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. – Томск : Изд-во Томск, 1992. – 456 с.

2. Мангушев, Р. А. Сваи и свайные фундаменты. Конструкции, проектирование и технологии / Р. А. Мангушев, А. Л. Готман, В. В. Знаменский, А. Б. Пономарев. – М. : Изд-во АСВ, 2018. – 320 с.

3. Workpackage 3. Innovative design methods in geotechnical engineering / M. D. Vos & V. Whenham, Belgian Building Research Inst., Belgium, 2005. – 90 pp.

4. Bruce, D. A., and Juran, I. «Drilled and Grouted Micropiles: State-of-Practice Review, volume 1: background, classifications, cost» Report No. FHWA-RD-96-016, July 1997.

5. Design of foundation strengthening with piles for the reconstruction of buildings on clay soils / A. I. Polishchuk, N. S. Nikitina, A. A. Petukhov, I. V. Semyonov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2025. – Vol. 21, No. 1. – P. 222-232.

6. Тарасов, А. А. Развитие методов расчёта инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для фундаментов реконструируемых зданий : специальность 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тарасов Александр Александрович, 2015. – 139 с.

7. Филиппович, А. А. Взаимодействие ленточных фундаментов рекон-струируемых зданий с глинистым грунтом основания при их усилении инъ-екционными сваями : специальность 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения» : диссертация на соискание ученой степени канди-дата технических наук / Филиппович Анна Александровна, 2014. – 179 с.

8. Мирошниченко, Р. В. Несущая способность основания, усиленного выштампованными микросваями : специальность 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мирошниченко Роман Васильевич, 2010. – 165 с.

9. Рекомендации по применению буроинъекционных свай / Х. А. Джантимиров, Бахолдин Б. В., Вронский А. В. [и др.]. – М. : НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР, 1984. – 48 с.

10. Лаврик В. И. Справочник по конформным отображениям / В. И. Лаврик, В. Н. Савенков. – Киев: Наукова думка, 1970. – 252 с.

11. Мусхелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 647 с.

12. Технический отчет о статических испытаниях буроинъекционных свай на объекте: «Многоквартирные жилые дома для размещения временного персонала, волонтеров и сил безопасности, привлекаемых на период проведения XXII зимних олимпийских игр и XI паралимпийских зимних игр 2014 г в г. Сочи (проектные и изыскательские работы, строительство)» площадка N2. Жилой квартал в селе Веселое Адлерского района города Сочи по ул. Таврическая – Акаций» [Текст]. – Сочи: ООО «Гидротехника», 2012 г. – 29 с.

13. Шмидт, О.А. Совершенствование метода расчета сдвиговой осадки буронабивных свай / О.А. Шмидт // Современное строительство и архитектура [Электронный ресурс].- 2025. - №2 (57).

14. Шмидт, О. А. Развитие метода расчета осадок кольцевых свайных фундаментов резервуаров в глинистых грунтах : специальность 21.20.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шмидт Олег Александрович, 2022. – 131 с.

Improving the method of designing foundations of reconstructed buildings when strengthening them with piles, taking into account precipitation not exceeding permissible stresses

Polishchuk A.I., Shmidt O.A., Kharitonov A.Yu.
Kuban State Agrarian University, LLC «Technoresurs»

JEL classification: L61, L74, R53

As part of the study, the method for calculating the foundations of reconstructed buildings when they are strengthened is being improved. It is known that during the reconstruction of buildings, their additional settlements are limited to values from 1 to 4 cm. With such values of additional additives that can be arranged, they cannot exceed the design load according to SP 24.13330.2011 “Pile foundations”. Therefore, an analytical method is needed to determine the forces in piles at their given maximum permissible settlement. The proposed calculation method is based on solving the problem of elasticity theory in a plane formulation. The analytical model is an elliptical cutout elongated along the vertical axis. The problem is solved with respect to the displacements of the cutout in a linearly deformable half-space. To solve, the model is mapped onto a conformal auxiliary half-plane using the map function. As a result of solving the second main problem of the theory of elasticity, stress functions and equations were obtained to determine the fundamental and tangential stresses at the boundaries of the cutout for a given displacement. To determine the change in the pile at a given settlement, an epiure of maximum tangential stresses is created. The criterion for strength along the lateral surface of piles is the Mohr-Coulomb condition. To determine the load-bearing capacity of a pile for a given settlement, the friction values on the lateral surface obtained from the derived formula are summed up and do not exceed the Mohr-Coulomb strength condition. The proposed method was tested during static tests of piles in Moscow. Satisfactory agreement between the calculation results using the proposed analytical method and the data from field tests was obtained.

Keywords: foundations of reconstructed buildings, calculation method, plane problem, shear stresses, permissible settlement.

References

1. Mal'ganov, A. I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nyh konstrukcij avarijnyh i rekonstruiruemyh zdanij / A. I. Mal'ganov, V. S. Plevkov, A. I. Polishchuk. – Tomsk : Izd-vo Tomsk, 1992. – 456 s.
2. Mangushev, R. A. Svai i svajnye fundamenty. Konstrukcii, proektirovanie i tekhnologii / R. A. Mangushev, A. L. Gotman, V. V. Znamenskij, A. B. Ponomarev. – M. : Izd-vo ASV, 2018. – 320 s.
3. Workpackage 3. Innovative design methods in geotechnical engineering / M. D. Vos & V. Whenham, Belgian Building Research Inst., Belgium, 2005. – 90 rr.
4. Bruce, D. A., and Juran, I. «Drilled and Grouted Micropiles: State-of-Practice Review, volume 1: background, classifications, cost» Report No. FHWA-RD-96-016, July 1997.
5. Design of foundation strengthening with piles for the reconstruction of buildings on clay soils / A. I. Polishchuk, N. S. Nikitina, A. A. Petukhov, I. V. Semyonov // International Journal for Computational Civil and Structural En-gineering. – 2025. – Vol. 21, No. 1. – P. 222-232.
6. Tarasov, A. A. Razvitie metodov raschyota in"ekcionnyh svaj v slabyh glinistyh gruntah dlya fundamentov rekonstruiruemyh zdanij : special'nost' 05.23.02 «Osnovaniya i fundamenty, podzemnye sooruzheniya» : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskih nauk / Tarasov Aleksandr Aleksandrovich, 2015. – 139 s.
7. Filippovich, A. A. Vzaimodejstvie lentochnyh fundamentov rekon-struiruemyh zdanij s glinistym gruntom osnovaniya pri ih usilenii in"-ekcionnymi svayami : special'nost' 05.23.02 «Osnovaniya i fundamenty, podzemnye sooruzheniya» : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandi-data tekhnicheskih nauk / Filippovich Anna Aleksandrovna, 2014. – 179 s.
8. Miroshnichenko, R. V. Nesushchaya sposobnost' osnovaniya, usilennogo vyshtampovannymi mikrosvayami : special'nost' 05.23.02 «Osnovaniya i fundamenty, podzemnye sooruzheniya» : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskih nauk / Miroshnichenko Roman Vasil'evich, 2010. – 165 s.

Анализ нарушений при монтаже инженерных систем по данным цифровой системы фиксации замечаний строительного контроля и его применение для настройки риск-ориентированных процедур контроля (на примере БЦ SLAVA-4, МОСКВА)

Шахраманьян Андрей Михайлович
к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, andreyshakhramanyan@gmail.com,

Шокиров Мухаммад Шохнавоз Олим угли
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Shokirov_muxammad@mail.ru

В статье рассматривается использование данных реестра замечаний для оценки нарушений при монтаже инженерных систем по данным цифровой системы фиксации замечаний строительного контроля бизнес-центра SLAVA-4 (Москва, 2024–2025 гг.). Рабочая выборка составила 678 замечаний, зафиксированных по объекту исследования. В 70,3 % случаев устранённых нарушений (402 из 572) не содержат корректных данных о дате закрытия вследствие некорректного обновления временных меток в цифровой системе фиксации замечаний; данные записи исключены из расчёта сроков. В подвыборке с корректными данными (n = 170) медиана фактического времени устранения составила 266 суток; 75,9 % нарушений устранялись более 180 суток. По автоматическому признаку просроченности 630 из 678 записей (92,9 %) классифицированы как просроченные, что, вероятно, обусловлено применением сроков устранения, устанавливаемых системой по умолчанию без учёта сложности нарушений. Парето-анализ выявил три системы, формирующие 47,5 % нарушений: противопожарный водопровод, ливневая канализация и общеобменная вентиляция. Типовые нарушения соотнесены с конкретными пунктами действующих нормативных документов. Результаты расчётов использованы для рекомендации по настройке риск-ориентированных процедур строительного контроля.

Ключевые слова: строительный контроль, инженерные системы, система фиксации замечаний, реестр нарушений, операционный контроль, риск-ориентированный контроль, Парето-анализ, управление качеством строительства, сроки устранения нарушений, исполнительная документация.

1. Введение

По данным строительного контроля крупных объектов, инженерные системы стабильно формируют наибольшую долю замечаний среди всех видов работ [10, 11]. Традиционные инструменты строительного контроля, такие как общий журнал работ и акты освидетельствования скрытых работ, дают лишь статическую картину на момент подписания документа и не позволяют отслеживать динамику устранения выявленных несоответствий [10, 11].

Цифровые системы фиксации замечаний формируют реестры нарушений с данными о виде несоответствия, нормативном основании, статусе и сроках. Практика показывает: без явного регламента заполнения платформа накапливает факты нарушений, но не даёт ответа на вопрос об их причинах и о выполнении предписаний. Публичных исследований, построенных на производственных данных российских систем фиксации замечаний, в открытом доступе единицы [12, 13].

Цель исследования — преобразование производственного реестра замечаний SLAVA-4 в аналитическую основу для риск-ориентированного контроля. Новизна состоит в количественной оценке качества временных меток платформы (70,3% некорректных записей), соотнесении типовых нарушений с пунктами нормативных документов и формировании приоритизированных чек-листов на основе Парето-распределения.

2. Нормативная рамка строительного контроля инженерных систем

Правовую основу строительного контроля образует ст. 53 Градостроительного кодекса Российской Федерации [1], устанавливающая обязательность контроля соответствия выполненных работ проектной документации и требованиям технических регламентов [1, 2].

На уровне технических нормативов СП 48.13330.2019 [3] и СП 543.1325800.2024 [21] разграничивает три вида строительного контроля: входной (проверка поступающих материалов и оборудования, в том числе по ГОСТ 24297-2013 [7]), операционный (контроль в ходе выполнения работ) и приёмочный (контроль результатов завершённых работ). Освидетельствование скрытых работ, согласно п. 21 СП 48.13330.2019, является обязательным и оформляется актом. Нормативную базу монтажа инженерных систем составляют СП 73.13330.2016 [4] (санитарно-технические системы), СП 30.13330.2020 [5] (водопровод и канализация) и СП 7.13130.2013 [6] (пожарная безопасность вентиляционных систем).

3. Материалы и методы

3.1. Объект исследования и источник данных

Бизнес-центр SLAVA-4 (г. Москва) включает три надземные башни (A, B, C) и подземную автостоянку. Строительство осуществлялось генеральным подрядчиком ООО «АНТТЕК» совместно с субподрядной организацией ООО «Гимташ Инжиниринг». Строительный контроль инженерных систем вёлся с применением специализированной цифровой системы управления замечаниями «ТЕХЗОР», интегрированной с мобильными устройствами инспекторов. Реестр нарушений выгружен единым файлом за период январь 2024 - декабрь 2025 г.

3.2. Правила обработки данных и критерии исключения

Исходный список предписаний содержит 681 строку.

Фактическое время устранения рассчитывалось как разность дат последнего изменения статуса и даты добавления записи в календарных сутках. Из 572 записей со статусом «Устранено» у 402 (70,3%) расчётное значение составило ноль или отрицательную величину, что невозможно по смыслу и указывает на некорректное обновление временных меток в цифровой системе фиксации замечаний. Бобов Д. Г. с соавторами [17] при анализе электронных журналов работ установили, что временны́е метки в системах фиксации замечаний систематически расходятся с реальными датами событий — именно тот паттерн, который наблюдался в ТЕХЗОР. Данные 402 записи исключены из расчёта показателей сроков.

В анализ сроков включены 170 записей с положительным расчётным временем (29,7% от числа устранённых нарушений). Авторы признают, что подвыборка может быть смещена в пользу записей с корректными метками, что занижает реальные средние сроки.

Таблица 1
Структура исходного реестра и критерии обработки данных

Категория	n	Доля	Решение
Исходный массив	681	100,0%	Основа
Статус «Устранено»	572	84,4% от 678	Основа для анализа сроков
Корректные временные метки (>0 сут.)	170	29,7% от 572	Расчёт сроков
Некорректные метки (<=0 сут.)	402	70,3% от 572	Исключены из расчёта сроков

3.3. Показатель просроченности и его интерпретация

Признак просроченности присваивался цифровой системой автоматически, если установленный срок устранения истёк при статусе, отличном от «Устранено». Показатель 92,9% вероятно обусловлен дефолтными сроками системы, не учитывающими тип нарушения: нарушения, требующие пусконаладочных испытаний, замены оборудования или согласования изменений в РД, технологически не могут быть устранены за стандартный срок [14].

Для частичной верификации автоматического признака выполнено независимое расчётное сравнение по 176 записям с заполненным полем срока устранения: расчётная доля просроченных составила 70,5% в данном подмножестве. Реальная доля нарушений, устранённых позже установленного срока, вероятно находится в диапазоне 70-93%.

3.4. Методы анализа

Применялись: частотный анализ распределений по объектам, видам систем и статусам; Парето-анализ с кумулятивным распределением; описательная статистика сроков (среднее, медиана, квартили, IQR, максимум, долевые распределения по диапазонам); сопоставление типовых нарушений с пунктами нормативных документов по полю «Нормативное основание замечания». Риск-классификация систем основана на логике ABC-анализа по доле в Парето-распределении.

4. Результаты

4.1. Структура реестра и распределение по объектам

Рабочая выборка охватывает 678 предписаний по 12 видам инженерных систем. Из них устранено 572 (84,4%), в работе 85 (12,5%), на проверке 19 (2,8%), к устранению 2 (0,3%). Распределение по четырём объектам относительно равномерно: от 152 нарушений по башне С (22,4%) до 191 по башне А (28,2%).

Таблица 2
Распределение нарушений по объектам БЦ SLAVA-4

Объект	n	%
Башня А, надземная часть	191	28,2
Башня В, надземная часть	170	25,1
Башня С, надземная часть	152	22,4
Автостоянка, подземная часть	165	24,3
Итого	678	100,0

4.2. Парето-анализ по видам инженерных систем

Три системы совместно формируют 47,5% нарушений: противопожарный водопровод (132 нарушения, 19,4%), ливневая канализация (112, 16,5%), общеобменная вентиляция (79, 11,6%). Абсолютная доля нарушений не нормирована на объём работ: высокий показатель по противопожарному водопроводу частично обусловлен обязательными пусконаладочными испытаниями (разд. 8.4 СП 73.13330.2016 [4]).

Таблица 3
Парето-анализ нарушений по видам инженерных систем

Система	n	%	Накопл., %	Устранено, %	Медиана, сут.
Противопожарный водопровод	132	19,4	19,4	90,9	288
Ливневая канализация	112	16,5	35,9	88,4	265
Общеобменная вентиляция	79	11,6	47,5	73,4	333
Система кондиционирования	68	10,0	57,5	86,8	264
Система теплоснабжения	63	9,3	66,8	82,5	241
Противодымная вентиляция	57	8,4	75,2	82,5	269
Система отопления	41	6,0	81,2	82,9	253
Канализация хоз.-бытовая	34	5,0	86,2	88,2	266
Система холодоснабжения	28	4,1	90,3	78,6	242
ХВС и ГВС	28	4,1	94,4	78,6	246
Дренажная канализация	14	2,1	96,5	78,6	95
Автоматическое пожаротушение	12	1,8	98,3	75,0	64
Прочие (n<10)	9	1,3	100,0	н/д	н/д
Итого	678	100,0	--	84,4	266*

** Медиана по подвыборке n=170. Медианы по системам рассчитаны при n>=10.*

4.3. Типовые нарушения и нормативные основания

Повторяемость нарушений в идентичных формулировках на разных объектах и этажах указывает на их систематический характер [15].

В частности, нарушение в формулировке «болтовые крепления фланцев трубопроводов выступают из гаек существенно более 0,5 диаметра болтов или на 3 шага резьбы» зафиксировано 19 раз по системам теплоснабжения и холодоснабжения на разных башнях. Указанная формулировка соответствует допуску, установленному п. 5.1.7 СП 73.13330.2016 [4]. Повторяемость нарушения указывает на отсутствие проверки фланцевых соединений в ходе монтажа.

Таблица 4
Типовые нарушения, их нормативные основания и частота

Система	Формулировка из реестра	Нормативное основание	n
Теплоснабжение / холодоснабжение	Болты фланцев выступают более 0,5 диаметра или 3 шагов резьбы	СП 73.13330.2016, п. 5.1.7	19
Пожаротушение	Хомутовые крепления не соответствуют диаметру трубопровода	СП 73.13330.2016, раздел 6	14
Противодымная вентиляция	Нормально закрытые клапаны ДУ не открываются по сигналу	СП 7.13130.2013; РД объекта	11
Ливневая / дренажная канализация	Не установлены неподвижные опоры на поворотах трубопроводов	СП 30.13330.2020 (напорные трубопроводы)	12
Дренажная канализация	Не установлены противопожарные муфты на трубопроводах	СП 73.13330.2016; СП 7.13130.2013	9
Входной контроль материалов	Несоответствие закупленной продукции установленным требованиям	ГОСТ 24297-2013, п. 5-7	3

4.4. Фактические сроки устранения нарушений

В подвыборке с корректными временными метками (n=170) зафиксированы следующие показатели:

Таблица 5
Описательная статистика сроков устранения (n=170)

Показатель	Значение
Среднее, суток	286
Медиана, суток	266
Q1 (25% самых быстрых нарушений), суток	190
Q3 (75% самых быстрых нарушений), суток	390
Разброс между этими 25% и 75%, суток	200
Максимум, суток	603
Устранено за 30 суток и менее	0,6% (n=1)
Устранено за 31-90 суток	12,4% (n=21)
Устранено за 91-180 суток	11,2% (n=19)
Устранено более 180 суток	75,9% (n=129)

Примечание. Данные характеризуют 29,7% устранённых нарушений. Репрезентативность для всей совокупности не установлена.

Разброс медианных сроков по системам значителен: от 64 суток для автоматического пожаротушения до 333 суток для общеобменной вентиляции. Продолжительные сроки по вентиляционным системам вероятно связаны с необходимостью повторных аэродинамических испытаний по ГОСТ 12.3.018-79, которые не могут быть проведены в период активного монтажа. Относительно короткие сроки по системам пожаротушения и дренажной канализации могут объясняться преимущественно механическим характером нарушений (крепления, опоры), не требующих пусконаладки. Данная интерпретация является рабочей гипотезой.

5. Обсуждение

5.1. Качество данных как самостоятельный результат

70,3% записей со статусом «Устранено» не содержат достоверной даты закрытия — эта цифра сама по себе диагностирует состояние цифровой дисциплины на объекте. Кабанов В. Н. [18] при анализе принципов построения информационной модели общего журнала работ указывает, что корректность временных данных определяется не архитектурой системы, а регламентом её заполнения. Без явного регламента фиксации дат закрытия предписаний и регулярного аудита данных цифровая система фиксации замечаний накапливает массив, малопригодный для управленческого анализа.

5.2. Интерпретация просрочки

Показатель просроченности 92,9% недостаточен для вывода о систематическом игнорировании предписаний подрядчиком. Неровная Ю. А.

[15] показала, что значительная часть формально «открытых» предписаний на практике уже устранена: подрядчик выполнил работы, но статус в системе не обновлён — инспектор не закрыл предписание в срок по административным причинам.

5.3. Повторяемость нарушений и операционный контроль

19 одинаковых нарушений по п. 5.1.7 СП 73, зафиксированных при приёмке, говорят о том, что фланцевые соединения вообще не попали в операционный чек-лист подрядчика.

6. Практические рекомендации для строительного контроля

По результатам анализа предложены следующие практические рекомендации.

Первое. Сроки устранения нарушений в платформе следует дифференцировать по типу нарушения и характеру требуемых корректирующих мероприятий. Нарушения, требующие повторных пусконаладочных работ или согласования изменений в рабочей документации, должны получать сроки, соответствующие реальному технологическому циклу, а не дефолтные 5-10 суток. Это повысит информативность показателя просроченности как инструмента управленческого мониторинга.

Второе. Порядок работы с платформой должен предусматривать обязательную фиксацию реальной даты устранения нарушения при изменении статуса предписания. Без данного регламента данные о сроках устранения остаются ненадёжными. Рекомендуется ввести регулярный аудит корректности временных меток.

Третье. Чек-листы операционного контроля должны строиться на фактической статистике нарушений объектов-аналогов, а не на обобщённых перечнях из нормативных документов. Приоритетные контрольные точки по данным SLAVA-4 приведены в таблице 6.

Таблица 6

Риск-классификация систем для формирования приоритетных чек-листов

Класс	Доля нарушений	Системы	Рекомендуемый режим контроля
A	> 15%	Противопожарный водопровод, ливневая канализация	Пооперационный чек-лист; испытания до закрытия конструкций по разд. 7 СП 73.13330.2016; фиксация актов по форме приложений В и Г к СП 73.13330.2016
B	5-15%	Общеобменная и противодымная вентиляция, кондиционирование, теплоснабжение, отопление	Чек-лист по ключевым точкам монтажа; обязательное освидетельствование скрытых работ по п. 21 СП 48.13330.2019
C	< 5%	Остальные системы	Выборочный контроль (не менее 30% монтажных

Примечание. Классификация основана на данных одного объекта с одним подрядчиком. Пороги требуют верификации на других объектах.

Четвёртое. Реестр нарушений конкретного подрядчика — прямой источник для программы контроля следующего объекта: узлы с устойчивой дефектностью попадают в обязательные точки входного и операционного контроля. Цопа Н. В. с соавторами [19] показали практическую ценность накопленных данных для совершенствования исполнительной документации.

Пятое. Результаты исследования показывают перехода от изолированного применения систем фиксации замечаний к комплексным цифровым платформам управления строительством, обеспечивающим связь строительного контроля с графиком производства работ, исполнительной документацией, BIM-моделью, ответственными участниками и историей корректирующих мероприятий. В отечественной практике одним из примеров такого класса решений является SODIS Building CM / SODIS 360, функциональные возможности которой включают организацию строительного контроля, регистрацию нарушений, формирование предписаний, работу с BIM-моделью, технический документооборот и управление строительными процессами [22, 23, 24]. Для задач риск-ориентированного контроля принципиально важно, что в подобных системах данные о замечаниях могут использоваться не только для фиксации отдельных несоответствий, но и для анализа повторяемости нарушений, контроля сроков их устранения и приоритизации управленческих решений.

7. Заключение

По результатам анализа реестра нарушений цифровой системы фиксации замечаний строительного контроля БЦ SLAVA-4 (678 предписаний, 2024-2025 гг.) сформулированы следующие выводы.

1. Качество временных меток в исследованной системе фиксации замечаний является недостаточным: 70,3% устранённых нарушений не содержат корректных данных о фактической дате закрытия.

2. В подвыборке с корректными данными (n=170) медиана фактического времени устранения составила 266 суток; 75,9% нарушений устранялись более 180 суток. Показатель просроченности 92,9 %, формируемый цифровой системой автоматически, вероятно завышен и отражает несоответствие сроков, устанавливаемых по умолчанию, фактической сложности нарушений.

3. Три системы совместно формируют 47,5% зафиксированных нарушений. Без нормировки на объём работ и число проверок данное распределение характеризует частоту фиксации нарушений, а не рейтинг качества монтажа.

4. Повторяемость однотипных нарушений по одним и тем же пунктам нормативных документов (СП 73.13330.2016, п. 5.1.7) на разных объектах при одном подрядчике свидетельствует о системном дефиците операционного контроля в ходе монтажа.

5. Риск-ориентированные чек-листы, сформированные на основе фактической статистики нарушений, могут повысить эффективность строительного контроля при условии, что сопровождаются корректным регламентом работы с системой и реалистичными сроками устранения нарушений.

6. Использование датацентричного подхода и взаимосвязь процессов фиксации и контроля устранений нарушений с другими процессами и данными строительства позволит обеспечить сквозную автоматизацию и автоматизированный контроль эффективности строительства.

Перспективные направления исследований включают сравнительный анализ показателей нарушений на объектах с различными режимами строительного контроля, нормировку числа нарушений на объём выполненных работ по каждой системе и исследование влияния методологии установления сроков устранения на информативность платформенных показателей.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 01.07.2024). Москва, 2024.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.06.2010 N 468 (ред. 2023) о порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства. Москва, 2010.

3. Организация строительства: СП 48.13330.2019 / утв. Приказом Минстроя России от 24.12.2019 N 861/пр. Москва: Минстрой России, 2020.

4. Внутренние санитарно-технические системы зданий: СП 73.13330.2016 (ред. от 05.12.2023) / утв. Приказом Минстроя России от 30.09.2016 N 689/пр. Москва: Стандартинформ, 2017.

5. Внутренний водопровод и канализация зданий: СП 30.13330.2020 / утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2020 N 920/пр. Москва: Минстрой России, 2021.

6. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности: СП 7.13130.2013 / утв. Приказом МЧС России от 21.02.2013 N 116. Москва: МЧС России, 2013.

7. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля: ГОСТ 24297-2013 / введён Приказом Росстандарта от 26.08.2013 N 544-ст. Москва: Стандартинформ, 2014.

8. Информационное моделирование в строительстве. Требования к формированию информационных моделей объектов капитального строительства для эксплуатации многоквартирных домов: СП 480.1325800.2020. Москва: Минстрой России, 2020.

9. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 N 331 (ред. 2024) об установлении случаев, при которых должна быть обеспечена подготовка информационной модели объекта капитального строительства. Москва, 2021.

10. Мотылев Р. В., Карпушкин А. С. Анализ системы документирования строительного контроля в сравнении с зарубежными подходами // Вестник гражданских инженеров. 2021. N 6 (89). С. 87-95. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-6-87-95.

11. Мотылев Р. В., Карпушкин А. С. Совершенствование порядка проведения строительного контроля // Вестник гражданских инженеров. 2022. N 1 (90). С. 66-72. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-1-66-72.

12. Цопа Н. В., Карпушкин А. С., Горин А. К. Исследование теоретических и методических особенностей процедуры проведения строительного контроля // Экономика строительства и природопользования. 2019. N 4 (73). С. 91-101.

13. Цопа Н. В., Карпушкин А. С., Горин А. К. Исследование влияния камерального фактора на процедуру строительного контроля // Экономика строительства и природопользования. 2020. N 2 (75). С. 92-100.

14. Цопа Н. В., Карпушкин А. С., Авакян А. К. О совершенствовании исполнительной документации в условиях цифровизации строительной отрасли // Экономика строительства и природопользования. 2021. N 2 (79). С. 98-109. DOI: 10.37279/2519-4453-2021-2-98-109.

15. Неровная Ю. А. Организация контроля исполнительной документации на объектах строительства // Наука без границ. 2020. N 5 (45). С. 96-106.

16. Олейник П. П., Куренков О. Г. Оценка степени отражения качества объекта в исполнительной документации // Строительное производство. 2019. N 1. С. 78-81.

17. Бобов Д. Г., Красильников Н. И., Гусейнов Ч. С. Оценка потенциального уровня автоматизации строительных журналов при ведении их в электронном виде // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2022. N 4 (53). С. 112-122.

18. Кабанов В. Н. Принципы построения информационной модели общего журнала работ в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2020. N 6 (66).

19. Шахраманьян А. М., Ярёменко А. В., Мозжухин Д. А., Трофимов И. Д., Шмук Н. А., Юрин А. А. Управление качеством строительства с использованием цифровых Хдвойников // Строительное производство. 2025. N 2 (54). С. 175-185. DOI: 10.54950/26585340_2025_2_175.

20. Сборщиков С. Б., Маклакова Т. Г. Цифровые технологии в управлении строительным контролем инженерных систем // Промышленное и гражданское строительство. 2022. N 6. С. 34-41.

21. Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства: СП 543.1325800.2024 / утв. и введён в действие в установленном порядке. Москва: Минстрой России, 2024.

22. Цифровые инструменты строительного контроля: от нормативных требований до сквозной аналитики // SmetaNa. URL: https://smeta-na.ru/tehnologii/cifrovye-instrumenty-stroitelnogo-kontrolya-ot-normativnyh-trebovanij-do-skvoznoj-analitiki/

23. Датацентричное управление и искусственный интеллект: новая эра эффективности в строительстве и эксплуатации // SmetaNa. URL: https://smeta-na.ru/tehnologii/datacentrichnoe-upravlenie-i-iskusstvennyj-intellekt-novaya-era-effektivnosti-v-stroitelstve-i-ekspluatacii/

24. Шахраманьян А. М. Управление строительными проектами на основе данных, процессного моделирования и машинного обучения // Промышленное и гражданское строительство. 2026. № 2.

Use of remark management system data for risk-based construction control of engineering systems (case study: slava-4 business center, Moscow)

Shakhramanyan A.M., Shokirov M.Sh.O.
National Research Moscow State University of Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the use of a violation register for assessing defects in engineering systems installation based on data from a digital remark management system used for construction control at the SLAVA-4 Business Center in Moscow in 2024–2025. The working sample included 678 remarks recorded for the case-study object. It was found that 70.3 % of closed violations (402 out of 572) did not contain valid closure-date data due to incorrect updating of timestamps in the digital remark management system; these records were excluded from remediation-time calculations. In the valid-data subsample (n = 170), the median actual remediation time was 266 days, while 75.9 % of violations required more than 180 days to be closed. According to the system-generated overdue indicator, 630 out of 678 records (92.9 %) were classified as overdue, which was probably caused by remediation deadlines set by default without regard to the complexity of violations. Pareto analysis identified three engineering systems accounting for 47.5 % of all violations: fire water supply, storm drainage and general ventilation. Typical violations were mapped to specific clauses of applicable regulatory documents. The results were used to develop recommendations for configuring risk-based construction control procedures.

Keywords: construction control, engineering systems, remark management system, violation register, operational control, risk-based control, Pareto analysis, construction quality management, remediation time, as-built documentation.

References

1. Urban Planning Code of the Russian Federation, Federal Law No. 190-FZ of December 29, 2004 (as amended July 1, 2024). Moscow, 2024.
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 468 of June 21, 2010 (as amended 2023) on the Procedure for Construction Control during Construction, Reconstruction and Major Repair of Capital Construction Objects. Moscow, 2010.
3. SP 48.13330.2019. Organization of Construction. Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 861/pr of December 24, 2019. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2020.
4. SP 73.13330.2016. Internal Sanitary Systems of Buildings (as amended December 5, 2023). Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 689/pr of September 30, 2016. Moscow: Standartinform, 2017.
5. SP 30.13330.2020. Internal Water Supply and Sewerage of Buildings. Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 920/pr of December 30, 2020. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2021.
6. SP 7.13130.2013. Heating, Ventilation and Air Conditioning. Fire Safety Requirements. Approved by Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 116 of February 21, 2013. Moscow: EMERCOM of Russia, 2013.
7. GOST 24297-2013. Verification of Purchased Products. Organization and Control Methods. Introduced by Order of Rosstandart No. 544-st of August 26, 2013. Moscow: Standartinform, 2014.
8. SP 480.1325800.2020. Information Modeling in Construction. Requirements for the Formation of Information Models of Capital Construction Objects for the Operation of Apartment Buildings. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2020.
9. Decree of the Government of the Russian Federation No. 331 of March 5, 2021 (as amended 2024) on the Establishment of Cases in Which an Information Model of a Capital Construction Object Must Be Prepared. Moscow, 2021.
10. Motylev R. V., Karpushkin A. S. Analysis of the System of Construction Control Documentation in Comparison with Foreign Approaches. Bulletin of Civil Engineers. 2021. No. 6 (89). P. 87–95. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-6-87-95.
11. Motylev R. V., Karpushkin A. S. Improvement of Construction Control Procedures. Bulletin of Civil Engineers. 2022. No. 1 (90). P. 66–72. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-1-66-72.
12. Tsopa N. V., Karpushkin A. S., Gorin A. K. Research of Theoretical and Methodological Features of Construction Control Procedures. Economics of Construction and Nature Management. 2019. No. 4 (73). P. 91–101.
13. Tsopa N. V., Karpushkin A. S., Gorin A. K. Research of the Impact of the Cameral Factor on Construction Control Procedures. Economics of Construction and Nature Management. 2020. No. 2 (75). P. 92–100.
14. Tsopa N. V., Karpushkin A. S., Avakyan A. K. On the Improvement of As-Built Documentation in the Context of Construction Industry Digitalization. Economics of Construction and Nature Management. 2021. No. 2 (79). P. 98–109. DOI: 10.37279/2519-4453-2021-2-98-109.
15. Nerovnaya Yu. A. Organization of Control over As-Built Documentation at Construction Sites. Science Without Borders. 2020. No. 5 (45). P. 96–106.
16. Oleynik P. P., Kurenkov O. G. Assessment of the Degree to Which Construction Quality is Reflected in As-Built Documentation. Construction Production. 2019. No. 1. P. 78–81.
17. Bobov D. G., Krasilnikov N. I., Huseynov Ch. S. Assessment of the Potential Level of Automation of Construction Journals in Electronic Form. Bulletin of the Engineering School of FEFU. 2022. No. 4 (53). P. 112–122.
18. Kabanov V. N. Principles of Building an Information Model of the General Construction Journal. Engineering Bulletin of the Don. 2020. No. 6 (66).
19. Shakhramanyan A. M., Yaremenko A. V., Mozzukhin D. A., Trofimov I. D., Shmuk N. A., Yurin A. A. Construction Quality Management Using Digital Twins. Construction Production. 2025. No. 2 (54). P. 175–185. DOI: 10.54950/26585340_2025_2_175.
20. Sborshchikov S. B., Maklakova T. G. Digital Technologies in the Management of Construction Control of Engineering Systems. Industrial and Civil Engineering. 2022. No. 6. P. 34–41.
21. SP 543.1325800.2024. Construction Control during Construction, Reconstruction and Major Repair of Capital Construction Objects. Approved and put into effect in the established manner. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2024.
22. Digital Tools for Construction Control: from Regulatory Requirements to Cross-Cutting Analytics [Electronic resource]. SmetaNa. URL: https://smeta-na.ru/tehnologii/cifrovye-instrumenty-stroitelnogo-kontrolya-ot-normativnyh-trebovanij-do-skvoznoj-analitiki/ (accessed: April 2026).
23. Data-Centric Management and Artificial Intelligence: A New Era of Efficiency in Construction and Operation [Electronic resource]. SmetaNa. URL: https://smeta-na.ru/tehnologii/datacentrichnoe-upravlenie-i-iskusstvennyj-intellekt-novaya-era-effektivnosti-v-stroitelstve-i-ekspluatacii/ (accessed: April 2026).
24. Shakhramanyan A. M. Construction Project Management Based on Data, Process Modeling and Machine Learning. Industrial and Civil Engineering. 2026. No. 2.

Современные подходы к архитектурной организации медико-психологических реабилитационных центров для больных ПТСР

Романов Денис Анатольевич
доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Шуманская Екатерина Вячеславовна
магистрант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, arch81@mail.ru

В статье показана актуальность научного исследования архитектурных, интерьерных, ландшафтных решений медико-психологических реабилитационных центров для больных с посттравматическим стрессовым расстройством (ПТСР). Выделяются основные направления поиска объектов анализа: функциональные, архитектурно-планировочные, социально-психологические, ландшафтные, сценарные решения, подтвержденные исследованиями, направленными на комплексное лечение. Подобраны группы аналогов наиболее близких по назначению к медико-психологическим реабилитационным центрам: реабилитационные, психиатрические и военно-медицинские центры. Осуществлен анализ зарубежного и отечественного опыта по созданию специализированных реабилитационных учреждений. Результаты анализа структурированы по трем составляющим: объемно-планировочные решения, интерьерные решения, ландшафтные решения. Определены основные тенденции архитектурной организации медико-психологических реабилитационных центров и выявлены основные семь принципов их проектирования. Сформулированы основные требования к пространственной и средовой организации реабилитационных центров.

Ключевые слова: медико-психологические реабилитационные центры (МПРЦ), посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), реабилитационный центр, архитектурные решения, интерьерные решения, терапевтическая среда.

Введение

Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) — это комплексное психическое нарушение, возникающее как отсроченная реакция на воздействие различных стрессовых факторов, угрожающих жизни или физической целостности человека. Психическая система каждого человека подвержена различным стрессовым расстройствам, а психика военных или гражданских, задействованных в военных действиях, находится в состоянии сильного эмоционального потрясения, что сказывается на возникновении ПТСР и сопровождается характерными клиническими проявлениями, формирующими сложный комплекс симптомов, осложняющих возможность возвращения ветеранов к нормальной жизни [1,2].

Официальные данные о количестве больных ПТСР в России отсутствуют, однако согласно российским и международным исследованиям, на данный момент около 30-40% (≈ 300 тыс. чел.) военнослужащих испытывают симптомы ПТСР, данный процент со временем будет расти и увеличится до 60-80% (≈ 500 тыс. чел.). В связи с этим посттравматическое стрессовое расстройство у военнослужащих остается одной из ключевых проблем, требующих особого внимания и поиска современных решений [3,4,5].

В современной системе медицинской и психологической реабилитации ПТСР необходим комплексный подход к лечению, в котором особое место занимает терапевтическая среда и сама организация пространства реабилитационного центра, способная не только создавать комфортные условия для восстановления больных, но и снижать количество рецидивов.

К сожалению, большинство существующих медицинских учреждений не адаптированы под пациентов с ПТСР. Отсутствие комплексного подхода к реабилитации, включающего не только медикаментозное лечение, но и психологическую поддержку, арт-терапию и другие методы восстановления, снижает эффективность лечения.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью научного обоснования архитектурных, интерьерных и ландшафтных решений Медико психологическим реабилитационным центрам (далее - МПРЦ), способствующих более быстрой реабилитации.

Зарубежный и отечественный опыт проектирования реабилитационных, психиатрических и военно-медицинских центров

С целью выявления ключевых принципов проектирования центров МПРЦ проводится анализ архитектурных подходов, которые активно используются в зарубежном и отечественном архитектурном опыте. Выделяются основные направления поиска объектов анализа:

1. Функциональные решения: тип медицинского центра, целевая аудитория, продолжительность пребывания;
2. Архитектурно-планировочные решения: интеграция с природой, масштаб здания и его структура, адаптивность здания, функциональное наполнение;
3. Социально-психологические воздействие: создание приватности, возможность социального взаимодействия между пациентами;
4. Ландшафтные и средовые решения: наличие ландшафтных особенностей, формирование терапевтической среды;
5. Сценарные решения: использование методов реабилитации, подтвержденных исследованиями (цветотерапия, природные элементы, зонирование), комплексное лечение (архитектура + психотерапия + трудотерапия).

В результате комплексного исследования мирового архитектурного опыта проектирования были подобраны группы аналогов наиболее близких по назначению к МПРЦ: реабилитационные, психиатрические и военно-медицинские центры. Выявленные закономерности проектных решений позволяют выявить основные тенденции проектирования по следующим составляющим [4,5,6]:

1. Объемно-планировочные решения: масштаб, форма и объемно-пространственная композиция, визуальная интеграция в ландшафт, соотношение с природой, тип материала, цветовые решения, конструктивные особенности;
2. Интерьерные решения: планировка и функциональное зонирование, тип материала, цветовые решения и освещение, эргономика и комфорт для пациентов, психологическая поддержка через пространство (приватность, визуальные и звуковые особенности);

3. Ландшафтные решения: организация терапевтической среды, биофильные и экологические решения, зонирование территории (деление на приватные и общественные зоны), работа с существующими ландшафтными особенностями.

Для комплексного анализа были изучены следующие реабилитационные центры:

1. Датская больница от Herzog & de Meuron., Дания, Хиллерёд. Арх.бюро: Herzog & de Meuron в сотрудничестве с Vilhelm Lauritzen Architects. Начало строительства 2014 год в планах до 2026 года. Площадь: 12,4 Га. Задачей архитекторов было спроектировать центр, способствующих более быстрому выздоровлению пациентов [7].

2. Институт социального обеспечения Ханчжоу №1 в г. Пинъяо, район Юйхан, Ханчжоу (арх. бюро UAD, 2022 г.) с территорией 3,69 Га. Задача архитекторов заключалась в том, чтобы форма и планировка зданий учитывала окружающую среду [8].

3. Международный медицинский кластер в Сколково в г. Москва, Россия. (арх. бюро Kimmel Eshkolot Architects) Основной задачей перед архитекторами было: создание «клиники будущего», объединяющую передовые медицинские практики, при этом формируя пространство, способствующее быстрой реабилитации больных [9].

Основные выявленные тенденции проектирования реабилитационных центров

Объемно-планировочные решения:

- Здания малоэтажные (до 4 этажей);
- Цветовая гамма отвечает основным требованиям влияния цвета на психику больных;
- Применение натуральных материалов (стекло, натуральный камень/ кирпич/бетон, дерево, в меньшем количестве использование металла);
- Естественное освещение через панорамное остекление, обеспечивающее визуальный контакт с природой;
- Главный холл/атриум является центральным связующим пространством;

Интерьерные решения:

- Использование биофильного дизайна, натуральных материалов;
- Светлая цветовая палитра с добавлением акцентных цветов, отвечающих основным требованиям влияния цвета на психику больных;
- Плавные визуальные связи между помещениями, минимальное использование длинных замкнутых пространств-коридоров;

Ландшафтные решения:

- Проектирование зданий с учетом ландшафта, рельефа и существующих зеленых зон;
- Организация терапевтической среды;
- Использование зеленых кровель, внутренних озелененных дворов;
- Создание визуальной связи интерьеров с окружающей средой;
- Деление рекреационной зоны на приватные и общественные пространства.

Для анализа военно-медицинских центров соответственно критерию подбора были отобраны:

1. Военно-медицинский центр Сан-Антонио, в Даллес-Сити, штат Орегон, Средняя Колумбия. Арх. бюро: РТКЛ Ассошиэйтс Инк. Год: 2019 г. Площадь: 0,6 Га. Национальный военно-медицинский реабилитационный центр Ранчо Лос Амигос, основанный в 1888 году, известен своей специализированной помощью людям с травмами спинного мозга, инсультами и другими неврологическими расстройствами. Новое строение-пристройка к Военно-медицинскому центру Сан-Антонио (SAMMC)

2. Национальный военно-медицинский центр имени Уолтера Рида, расположенный в г. Бетесда, штат Мэриленд, США с участком территории 18,5 га [11].

Основные выявленные тенденции проектирования военно-медицинских центров

Объемно-планировочные решения:

- Естественное освещение через панорамное остекление, обеспечивающее визуальный контакт с городской средой;
- Цветовая гамма отвечает основным требованиям влияния цвета на психику больных;
- Применение натуральных материалов (стекло, натуральный камень/ кирпич/бетон, дерево, в меньшем количестве использование металла);
- Аккуратное внедрение новых сооружений в существующие здания.

Интерьерные решения:

- Комфортная навигация и визуальная ориентируемость в пространстве;
- Использование преимущественно натуральных материалов;
- Светлая цветовая палитра с добавлением акцентных цветов, отвечающих основным требованиям влияния цвета на психику больных;
- Интеграция садовых элементов в интерьер.

Ландшафтные решения:

- Проектирование зданий с учетом ландшафта, рельефа и существующих территорий;
- Организация терапевтической среды;
- Естественная связь внутренних и внешних пространств.

В соответствии с критериями подбора были проанализированы следующие психиатрические центры:

1. Психиатрическая клиника Тампере в г. Тампере, Финляндия (арх. бюро CF Møller, 2023 г.) с площадь прилегающей территории 3 Га. Психиатрическая клиника Тампере представляет собой пример интеграции природной среды, культурных ценностей и современных архитектурных решений в сфере психиатрической помощи. [12]

2. Психиатрический центр Фридрихсхафен в Германия (арх. бюро Huber Staudt Architekten, 2011 г.) с площадь территории 0,37 Га. При проектировании психиатрического центра архитекторы особое внимание уделили ландшафту и терапевтическим пространствам. [13].

Выявленные ключевые тенденции при проектировании психиатрических центров:

Объемно-планировочные решения:

- Естественное освещение через панорамное остекление, обеспечивающее визуальный контакт с природой;
- Цветовая гамма отвечает основным требованиям влияния цвета на психику больных;
- Применение натуральных материалов (стекло, натуральный камень/ кирпич/бетон, дерево, в меньшем количестве использование металла).

Интерьерные решения:

- Комфортная навигация и визуальная ориентируемость в пространстве;
- Использование преимущественно натуральных материалов;
- Светлая цветовая палитра с добавлением акцентных цветов, отвечающих основным требованиям влияния цвета на психику больных;
- Интеграция садовых элементов в интерьер.

Ландшафтные решения:

- Проектирование зданий с учетом ландшафта, рельефа и существующих территорий;
- Организация терапевтической среды;
- Создание открытых и закрытых зон на территории;
- Использование озелененных внутренних дворов;
- Создание визуальной связи интерьеров с окружающей средой;

Основные тенденции архитектурной организации медико-психологических реабилитационных центров

На основе проанализированных аналогов можно вывести основные принципы проектирования МПРЦ:

1. Принцип когнитивной доступности: размещение мест для сидения спиной к защищенной поверхности, отсутствие глухих, «слепых» и острых углов, отсутствие длинных коридоров, создание последовательности пространств от открытых к закрытым. Возможны следующие решения по достижению данного принципа: кольцевая или радиальная планировка – вместо коридоров использование открытых атриумов и галерей с естественным освещением; зонирование без глухих углов – скругленные стены, прозрачные перегородки, визуальная связь между помещениями; четкая навигация – цветовые акценты, пиктограммы, тактильные указатели для снижения дезориентации.

2. Принцип обработки сенсорной информации: последовательная смена покрытий, использование/имитация натуральных, интеграция фокусных точек (статичных объектов), зонирование по типу сенсорного воздействия: активное/пассивное. Решения по достижению данного принципа достигаются за счет использования биофильного дизайна (дерево, камень, живые растения в интерьере) и тактильного разнообразия покрытий – сочетание дерева, текстиля, гладкого камня в едином пространстве.

3. Принцип адаптивности: оборудование зоны с регулируемым навесом для контроля уровня инсоляции и защиты от перегрева, модульные элементы, позволяющие трансформировать пространство, создание сценариев маршрутов разной протяженности и сложности. Решения по достижению данного принципа достигаются за счет использование универсального дизайна.

4. Принцип объединения и социальной безопасности: расположение мест для сидения под углом 120 градусов относительно основного транзита, которое снижает ощущение прямого визуального контакта, создание зон на периферии общих пространств, где можно находиться, не вовлекаясь в активное взаимодействие, разделение групповых зон, позволяющее регулировать уровень приватности, так как пациенты с ПТСР часто испытывают потребность в уединении, но при этом нуждаются в постепенной социализации. Решения по достижению данного принципа достигаются за счет мобильности перегородок (раздвижные двери, мобильная мебель для адаптации пространства под групповые или индивидуальные занятия), "буферных" зон (переходных пространств), зоны для разных видов активности, маршрутов для прогулок (петляющие дорожки с зонами отдыха), беседки и перголы, где можно побыть одному, но не изолированно.

5. Принцип освещенности: создание мягкого, рассеянного освещения, создание теплого искусственного освещения, создание максимально естественного освещения. Решения по достижению данного принципа осуществляются за счет панорамного остекление, световых фонарей и зенитных окон в коридорах, ориентацией здания по сторонам света (юг/восток для палат), локальных светильников с регулируемой цветовой температуры, цветовых акцентов в зонах релаксации (голубые/зеленые оттенки), световых линии вдоль путей эвакуации.

6. Принцип цветотерапии: спокойная цветовая палитра (избегание агрессивных оттенков) и использование цветов, которые, как доказано медицинскими исследованиями, положительно влияют на нервную систему человека. Решения по достижению данного принципа осуществляются за счет базовых цветовых решений (мягкие природные тона - белый, бежевый, серо-зеленый), акцентных цветов - голубых, синих, оттенков зеленого, подборкой оттенков под тип освещения (естественное/искусственное), функциональным зонирование цветом:

- Зеленые акценты в зонах ожидания - снижают давление;
- Голубые оттенки в палатах - нормализуют сон.

На основе анализа зарубежного и отечественного опыта и выведенных принципов проектирования центров медико-психологической реабилитации, сформированы следующие требования к пространственной и средовой организации МПРЦ:

1. Медико-психологический реабилитационный центр для ПТСР должен:

- Исключать травмирующие элементы (длинные тупиковые коридоры, глухие и острые углы).
- Сочетать индивидуальные и групповые пространства.
- Использовать природные материалы и ландшафт как часть терапии.

2. Архитектура — часть лечения:

- Интерьер влияет на эмоциональное состояние (цвет, свет, текстуры).
- Ландшафт способствует релаксации и социализации.

3. Новизна подхода:

- Совокупность средовых решений, направленных именно на симптомы ПТСР.
- Интеграция психологических практик в планировку.

Таким образом можно сделать вывод, что проектирование центров для ПТСР требует междисциплинарного подхода, где архитектура, медицина и психология работают совместно. Только так можно создать среду, которая не просто лечит, но и предотвращает рецидивы.

Литература

1. Посттравматическое стрессовое расстройство [Электронный ресурс] : дайджест / Т. И. Бонкало. – Электрон. текстовые дан. – М. : ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2023. – URL: https://niioz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/daydzhestmeditsinskiy-turizm-i-eksport-meditsinskikh-uslug/. – Загл. с экрана. – 28 с.
2. Комплексная реабилитация участников специальной военной операции на Украине: дайджест январь-февраль 2023 [Электронный ресурс] / Т. И. Бонкало. – Электрон. текстовые дан. – М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2023. – URL: https://niioz.ru/moskovskayameditsina/izdaniya-nii/daydzhest-meditsinskiy-turizm-i-eksport-meditsinskikh-uslug/. – Загл. с экрана. – 39 с
3. Психология посттравматического стресса: учебник [Электронный ресурс] / О. Б. Полякова, Т. И. Бонкало. – Электрон. текстовые дан. – М. : ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2023. – URL: https://niioz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/metodicheskie-posobiya/ – Загл. с экрана. – 292 с.
4. Долгих С.В., Кирсанова А.А., Ковлен Д.В. Современные подходы к медико-психологической реабилитации военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации. (Обзор литературы). Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2023;100(6):86–91. https://doi.org/10.17116/kurort202310006186
5. Гнездилов Г.В., Шевченко Н.В. Современные методы психологической работы с посттравматическим стрессовым расстройством у военнослужащих [Электронный ресурс] // Экстремальная психология и безопасность личности. 2024. Том 1. № 2. С. 50–60. DOI:10.17759/epps.2024010204
6. Цибики В.С., Бандалак Л.М., Кочтов Г.Ф., Влияние архитектуры на психологию человека, Материалы X Международной научно-практической конференции Комсомольск-на-Амуре,« Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия», 14-16 декабря 2022 г., сс. 117-121, ISBN 978-5-7765-1538-5 (Ч. 1)
7. New North Zealand Hospital – Herzog & de Meuron https://www.herzogdemeuron.com/projects/416-new-north-zealand hospital/lightbox/15207/
8. Hangzhou NO.1 Social Welfare Institute / UAD | ArchDaily https://www.archdaily.com/1021648/hangzhou-n-social-welfare-institute-uad-group-four
9. Архитектура здоровья https://archi.ru/russia/81996/arkhitektura-zdorovya
10. The Chicago Athenaeum - SAN ANTONIO MILITARY MEDICAL CENTER RENOVATION AND EXTENSION, 2012 - Architects: RTKL Associates, Inc. https://www.chi-athenaeum.org/architecture/2014/09/07/san-antonio-military-medical-center-renovation-and-extension,-2012-architects-rtkl-associates,-inc/
11. Национальный военно-медицинский центр Уолтера Рида | Архитекторы HKS https://www.hksinc.com/what-we-do/projects/walter-reed-national-military-medical-center/
12. Tampere Psychiatric Clinic / CF Møller | ArchDaily https://www.archdaily.com/1025439/tampere-psychiatric-clinic-cf-moller?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
13. Psychiatric Centre Friedrichshafen / Huber Staudt Architekten | ArchDaily https://www.archdaily.com/486389/psychiatric-centre-friedrichshafen-huber-staudt-architekten

Modern approaches to architectural organization medical and psychological rehabilitation centers for patients with ptsd

Romanov D.A., Shumanskaia E.V.
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

JEL classification: L61, L74, R53

The article shows the relevance of scientific research on architectural, interior, and landscape solutions of medical and psychological rehabilitation centers for patients with post-traumatic stress disorder (PTSD). The main directions of the search for objects of analysis are highlighted: functional, architectural, planning, socio-psychological, landscape, scenario solutions, confirmed by research aimed at comprehensive treatment. We have selected groups of analogues that are closest in purpose to medical and psychological rehabilitation centers: rehabilitation, psychiatric and military medical centers. The analysis of foreign and domestic experience in the creation of specialized rehabilitation institutions has been carried out. The results of the analysis are structured into three components: spatial planning solutions, interior solutions, and landscape solutions. The main trends in the architectural organization of medical and psychological rehabilitation centers have been identified and the main seven principles of their design have been identified. The basic requirements for the spatial and environmental organization of rehabilitation centers are formulated.

Keywords: medical and psychological rehabilitation centers (MPRCS), post-traumatic stress disorder (PTSD), rehabilitation center, architectural solutions, interior solutions, therapeutic environment.

References:

1. Post-traumatic stress disorder [Electronic resource]: digest / T. I. Bonkalo. – Electronic text data. – Moscow: State Budgetary Institution “Research Institute of Health Protection of the Moscow Department of Health”, 2023. – URL: https://niioz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/daydzhestmeditsinskiy-turizm-i-eksport-meditsinskikh-uslug/. – Title from the screen. – 28 p.
2. Comprehensive rehabilitation of participants in the special military operation in Ukraine: digest January-February 2023 [Electronic resource] / T. I. Bonkalo. – Electronic text data. – M.: GBU "NIIOOZMM DZM", 2023. – URL: https://niioz.ru/moskovskayameditsina/izdaniya-nii/daydzhest-meditsinskiy-turizm-i-eksport-meditsinskikh-uslug/. – Title from the screen. – 39 p.
3. Psychology of post-traumatic stress: textbook [Electronic resource] / O. B. Polyakova, T. I. Bonkalo. – Electronic text data. – M.: GBU "NIIOOZMM DZM", 2023. – URL:

https://niioz.ru/moskovskaya-meditsina/izdaniya-nii/metodicheskie-posobiya/ – Title from the screen. – 292 p.
4. Dolgikh S.V., Kirsanova A.A., Kovlen D.V. Modern approaches to medical and psychological rehabilitation of military personnel of the Armed Forces of the Russian Federation. (Literature review). Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2023;100(6):86–91. https://doi.org/10.17116/kurort202310006186
5. Gnezdilov G.V., Shevchenko N.V. Modern methods of psychological work with post-traumatic stress disorder in military personnel [Electronic resource] // Extreme Psychology and Personal Safety. 2024. Vol. 1. No. 2. pp. 50–60. DOI:10.17759/epps.2024010204
6. Tsibiki V.S., Bandalak L.M., Kochtov G.F., The Influence of Architecture on Human Psychology, Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference Komsomolsk-on-Amur, "Regional Aspects of the Development of Science and Education in the Field of Architecture, Construction, Land Management and Cadastres at the Beginning of the III Millennium", December 14-16, 2022, pp. 117-121, ISBN 978-5-7765-1538-5 (Part 1)
7. New North Zealand Hospital – Herzog & de Meuron https://www.herzogdemeuron.com/projects/416-new-north-zealand hospital/lightbox/15207/
8. Hangzhou NO.1 Social Welfare Institute / UAD | ArchDaily https://www.archdaily.com/1021648/hangzhou-n-social-welfare-institute-uad-group-four
9. Architecture of Health https://archi.ru/russia/81996/arkhitektura-zdorovya
10. The Chicago Athenaeum - SAN ANTONIO MILITARY MEDICAL CENTER RENOVATION AND EXTENSION, 2012 - Architects: RTKL Associates, Inc. https://www.chi-athenaeum.org/architecture/2014/09/07/san-antonio-military-medical-center-renovation-and-extension,-2012-architects-rtkl-associates,-inc/
11. Walter Reed National Military Medical Center | HKS Architects https://www.hksinc.com/what-we-do/projects/walter-reed-national-military-medical-center/
12. Tampere Psychiatric Clinic / CF Møller | ArchDaily https://www.archdaily.com/1025439/tampere-psychiatric-clinic-cf-moller?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
13. Psychiatric Center Friedrichshafen / Huber Staudt Architekten | ArchDaily https://www.archdaily.com/486389/psychiatric-centre-friedrichshafen-huber-staudt-architekten

Экологическая архитектура Северного Кавказа сегодня: проблемы и перспективы

Баликоев Алан Арсенович
кандидат экономических наук, доцент, кафедра архитектуры, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), aabalikoev1@mail.ru,

Лукомская Анна Владимировна
доцент, кафедра архитектуры, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Погосова Ангелина Гарегиновна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Тедеева Алана Алановна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),

Цавкаева Валерия Хетаговна
магистрант, Академия «Архитектуры и дизайна», Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)

Экологическая архитектура Северного Кавказа находится на переломном этапе своего развития. Сегодня регион обладает мощным потенциалом для создания самобытной, устойчивой среды, однако реализация этого потенциала сдерживается рядом системных проблем. Главным противоречием является отсутствие системного подхода к внедрению «зеленых» стандартов в массовое строительство. В то время как историческая архитектура Кавказа изначально несла в себе принципы экологичности (использование местного камня и дерева, адаптация к рельефу и климату, энергоэффективность башенных сооружений), современная застройка часто игнорирует этот опыт. Преобладание типовых решений и стеклобетона приводит к потере культурной идентичности и не всегда учитывает сложные ландшафтно-климатические условия. Наиболее перспективным направлением развития является гармоничный синтез современных технологий и национальных традиций. В статье показано, что отсутствие системного графического сопровождения экопроектов снижает их узнаваемость и инвестиционную привлекательность. В качестве перспектив предлагается внедрение эко-ориентированной визуальной идентичности для городов Северного Кавказа, разработка серий графических экологических кодексов (цвет, масштаб, тектоника формы) и использование цифровых сред (BIM-модели + дизайн-визуализация) для демонстрации экологических параметров архитектуры широкой аудитории.

Ключевые слова: графический дизайн, экологическая архитектура, Северный Кавказ, устойчивое развитие, энергоэффективность, «зеленое» строительство, биоклиматический дизайн, возобновляемые источники энергии, городская экология, региональное градостроительство.

Введение

Современные ученые называют XXI век началом экологической эпохи в развитии человечества, которая ознаменована формированием культуры нового качества, реализующей сущностные силы человека, его одухотворенный разум, гармонизирующий отношение духа, сознания и бытия человека в определенных экологических рамках. Она получила название «экологическая культура». В ней теснейшим образом переплелись экология и дизайн, при этом сохранив определенную иерархию [5].

Северный Кавказ представляет собой уникальный регион, где переплелись древние традиции горского зодчества, богатейшее природное наследие и динамично растущий туристический поток. Уникальные ландшафты — от субтропиков Черноморского побережья до высокогорных плато — формируют особый запрос на архитектуру, способную не только эстетически соответствовать окружению, но и минимизировать антропогенное давление на хрупкие экосистемы. Однако современная застройка городов и курортов (Махачкалы, Грозного, Владикавказа, Пятигорска, Сочи) зачастую следует логике экономической эффективности, игнорируя принципы энергоэффективности, использования местных материалов и сохранения биоклиматического комфорта.

Без качественного графического сопровождения данные об энергоэффективности, углеродном следе или влиянии на биоразнообразие остаются малопонятными для заказчиков, инвесторов и местных сообществ. Перспективным направлением, с точки зрения графического дизайна, становится разработка систем визуальной идентификации «экологического района», а также интерактивных экранных форм, интегрирующих показатели «зелёности» архитектуры в повседневную навигацию горожан.

Обсуждение и результаты

С точки зрения экологии архитектурно-строительный сектор считается одним из основных секторов внимания, поскольку является неотъемлемой частью социальных проблем страны. Разумная градостроительная, дорожно-транспортная структура, сохранение природных ресурсов в первую очередь исходят из достижения положительных решений экологических проблем в архитектуре [1]. В целом создание здоровой, безопасной и эстетически приятной для человека среды происходит из взаимной гармонии архитектуры и экологии.

Сегодня экологическая архитектура на Северном Кавказе развивается на пересечении двух подходов: один связан с попытками решения острых экологических проблем (например, утилизация отходов), другой — с внедрением «зеленых» технологий, вдохновленных природой. Основные проблемы экологической архитектуры в регионе лежат скорее в плоскости градостроительной политики и экологии, нежели в отсутствии технологий [4].

Крупные инфраструктурные проекты зачастую вступают в противоречие с экологическими нормами. Яркий пример — многомесячная эпопея с проектом полигона ТКО в долине реки Уруп. Проект дважды не прошел государственную экологическую экспертизу из-за многочисленных нарушений, а общественные организации также дали ему отрицательные заключения, заявляя, что участок со сложной геологией и гидрологией принципиально непригоден для этих целей.

Быстрый рост городов и туристический бум создают колоссальную нагрузку. В National park «Приэльбрусье» активное развитие туризма уже привело к изменению ландшафтов, росту антропогенных комплексов и снижению биоразнообразия. Города региона сталкиваются с проблемой «очень грязных» рек из-за сбросов неочищенных сточных вод и загрязнения воздуха, что напрямую связано с неэкологичными градостроительными решениями [3].

Несмотря на трудности, именно здесь формируются одни из самых интересных трендов российской архитектуры. Эксперты предлагают отказаться от статичных, ресурсоемких моделей в пользу «адаптивной архитектуры». Бионика (подражание природным формам и механизмам) становится ключевым направлением. В условиях сейсмической активности, перепадов высот и сильных ветров предлагается создавать гибкие, энергоэффективные конструкции по аналогии с природными системами (например, сейсмоустойчивость ствола бамбука).

Принципы экологичности переосмысливаются из местного культурного кода. Регион демонстрирует симбиоз современных технологий и национальных традиций. Архитекторы активно интегрируют здания в

ландшафт, используя приемы, схожие с традиционным горским зодчеством (башенные комплексы, естественная терморегуляция), что позволяет сохранять культурную идентичность, делая здания одновременно современными и органичными для природы, и решает задачу энергоэффективности и экономичности [9].

Конкретные меры уже реализуются на уровне как частных инициатив, так и государственных программ. Адаптация к ландшафту реализуется на уровне строительства с минимальным вмешательством в рельеф и использованием местных материалов. В проектах на Кавказе архитектура синтезируется с ландшафтом, создавая единое пространство. Практикуется использование солнечной и геотермальной энергии для полного обеспечения зданий. Например, в комплексе Solar Energy Apartments (SEA) в Тбилиси (первый в регионе) фасад и крыша адаптированы под солнечный цикл, используется геотермальный подогрев воды и «умные» системы. Происходит внедрение европейских практик энергосбережения и переработки отходов в экономику региона, адаптируется ЕС-опыт в сфере туризма (экологизация отельного бизнеса, рециклинг отходов) и сельского хозяйства на Ставрополье.

Экологическая архитектура Северного Кавказа находится в точке роста. С одной стороны, есть серьезное отставание в инфраструктуре (очистные сооружения, переработка отходов) и рискованные проекты. С другой стороны, регион обладает мощным потенциалом, который включает в себя наличие богатейших природных аналогов для вдохновения (бионика), глубокую культурную традицию жизни в горах и растущий запрос со стороны жителей (активность в голосованиях за городскую среду уже превысила 1 млн. человек) [7]. Будущее экологической архитектуры региона за сетью мощных ботанических садов как центров экологического просвещения и туризма, а также за внедрением BIM-технологий и 3D-печати, которые позволят быстро и качественно возводить долговечные и безопасные дома в сложных горных условиях.

Современный графический дизайн выступает как метод анализа, прогнозирования и осмысления устойчивого развития региона. Самый яркий и технологичный аспект взаимодействия — использование цифровых двойников городов и курортов [8]. На Кавказском инвестиционном форуме 2025 года компания «Цифровые города» представила такие модели для Кисловодска и Архыза. Роль графического дизайна здесь критически важна. Дизайнеры и визуализаторы создают не просто 3D-модели зданий, а интерактивные карты и дашборды, которые показывают потоки туристов, инсоляцию, ветровые нагрузки и влияние стройки на экосистему. Графика позволяет "увидеть" углеродный след или оценить, как новое здание впишется в ландшафт без нарушения природного баланса (концепция "нулевого воздействия").

Архитекторы Северного Кавказа все чаще обращаются к бионике — заимствованию природных форм. Исследования показывают, что принципы бионики не новы для региона, они были заложены еще в традиционном горском зодчестве (башенные комплексы, органично вписанные в скалы). Графический дизайн здесь решает задачу оцифровки этих принципов. Фасады современных зданий, разработанные с помощью параметрического моделирования, копируют рельеф окружающих гор. В проекте "Postfactum" (цифровизация руин Кала-Корейш) дизайн элементов фасада (металлические рейки) буквально воспроизводит линию ландшафта и графику местности, стирая грань между природой и архитектурой.

В контексте глобальной "зеленой" повестки, даже малые архитектурные формы требуют серьезного графического сопровождения. Проекты реконструкции общественных пространств (например, возле учебных заведений) сегодня создаются с помощью программ ландшафтной архитектуры [10]. Результатом становятся не чертежи, а полноценные анимационные ролики (визуализации), показывающие, как "впишутся" новые насаждения и малые формы. Графический дизайн помогает "продать" экологичность. Визуализация энергоэффективных домов (с использованием 3D-печати и BIM-моделирования) делает акцент на эргономичности, экономичности и "естественности" материалов, что является ключевым трендом для привлечения инвестиций в регион.

Помимо прикладных задач, существует и "чистое" графическое искусство, исследующее тему экологии архитектуры. Пример — работы победителей конкурса "АрхиГрафика". Художники (например, Егор Белаш) в 2023-2024 годах создавали графические листы (карандаш, тушь), изображающие, как природа постепенно "поглощает" полуразрушенные постройки Кавказа. Этот жанр исследует, как время и экология создают новую, очень сложную и богатую графическую среду. Такой подход учит архитекторов и дизайнеров не навязывать среде волюнтаристские формы, а аккуратно "достраивать" природный контекст.

Сегодня графический дизайн в экологической архитектуре Северного Кавказа выполняет три ключевые функции:

1. Аналитическая. Создание цифровых двойников Кисловодска и Архыза для расчета нагрузки на природу: BIM-моделирование, дашборды, интерактивные карты.
2. Коммуникационная. Визуализация бионических фасадов и "умных" домов, привлечение туристов и инвесторов через "зеленый" брендинг: 3D-визуализация, CGI, параметрическая графика.
3. Исследовательская. Изучение "дикой" архитектуры городов (срастание строений с природой) как источника новых графических приемов: рисунок от руки, графические экспедиции, скетчинг [2].

Графический дизайн сегодня — это язык, на котором архитектура говорит с экологами, инвесторами и жителями о будущем устойчивого развития региона.

Выводы

Перспективные проекты показывают, что архитектура «будущего» на Кавказе должна «вырастать» из ландшафта. Речь идет об использовании принципов архитектурной бионики, интеграции зданий в горный рельеф и активном применении возобновляемых источников энергии.

Будущее экологической архитектуры региона связано с внедрением следующих решений:

1. Энергоэффективность и адаптация: переход к зданиям с активной тепловой защитой, использование гибридных систем энергоснабжения (солнечная энергия активно доступна на юге), а также создание систем замкнутого водоснабжения.
2. Новые методы строительства: применение 3D-печати и BIM-моделирования позволит не только ускорить возведение зданий в сложных горных условиях, но и точно рассчитать экологический след.
3. «Умные» системы: оснащение домов датчиками микроклимата и системами защиты от внешних воздействий, что критически важно в условиях сейсмической активности и горной специфики.

Современная экологическая архитектура Северного Кавказа нуждается в узнаваемом визуальном языке. Графический дизайн позволяет создавать единую систему навигации и экознаков, отражающую локальные природные мотивы (орнаменты, цвета гор, растительности), формировать брендинг эко-поселений, «зеленых» общественных пространств, адаптивных жилых комплексов с учетом культурного кода народов Кавказа. Без внятной графической концепции «зеленые» здания остаются визуально неотличимыми от обычных, что снижает их образовательную и имиджевую ценность.

На сегодняшний день экологическая архитектура Северного Кавказа страдает от отсутствия согласованных палитр цветов и экологичных материалов в наружной графике, конфликта между традиционной декоративностью (ковровые орнаменты, яркие акценты) и минималистичной эстетикой устойчивого дизайна, рекламных конструкций, перекрывающих экологические фасады (зеленые стены, солнечные панели). Графический дизайн сегодня не интегрирован в архитектуру на стадии проекта, что приводит к визуальной перегруженности и снижению эффективности экологических решений.

Перспективными направлениями для графического дизайна в эко-архитектуре региона является использование биофильных паттернов (узоры, имитирующие природные текстуры) на фасадах и в интерьерах, внедрение динамической графики с низким энергопотреблением (электрохромные панели, цифровые вывески на солнечных батареях), образовательные пиктограммы на зданиях, объясняющие принципы энергоэффективности, сбора дождевой воды, сортировки отходов. Графический дизайнер должен работать в паре с эко-архитектором на этапе концепции, проектируя функциональные слои среды, снижающие углеродный след.

Северный Кавказ уникален сочетанием традиционного декоративно-прикладного искусства и современных эко-трендов. Графический дизайн способен переосмыслить национальные орнаменты в виде модульных эко-паттернов для вентилируемых фасадов, разработать «зеленые» сувенирные и информационные носители из переработанных материалов, продолжающие архитектурную тему.

Развитие «зеленого» строительства на Северном Кавказе — это экономическая перспектива. Строительство экологичного и аутентичного жилья повышает туристическую привлекательность региона. Возрождение культурной самобытности через современные устойчивые технологии может стать фактором развития для местной экономики, создавая уникальный продукт, востребованный как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Экологическая архитектура Северного Кавказа сегодня — это поиск нового языка, где древняя мудрость горских народов встречается с высокими технологиями. Преодолев текущий разрыв через внедрение стандартов энергоэффективности и цифровизацию строительства, регион способен стать ведущим российским кластером устойчивой архитектуры.

Литература

1. Агабаев Н. Связь между архитектурой и экологией // Молодой ученый. 2023. № 21 (468). С. 79-81.
2. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития: учебное пособие. М.: Издательство Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова, 1994. 312 с.
3. Димитрюк Ю.С., Попов Ю.М. Энергосберегающие технологии и способы энергосбережения // Кавказский диалог: Материалы 13-ой Международной научно-практической конференции, Невинномысск, 21–25 ноября 2022 года. Невинномысск: Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт, 2022. С. 153-161.
4. Зинукова О.Ю. Экологизация современной архитектуры. URL: file:///C:/Users/%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0/Downloads/ekologizatsiya-sovremennoy-arhitektury.pdf/
5. Кислицына А.Н. Экологические проекты в средовом и графическом дизайне // Графический дизайн: традиции и инновации: материалы международной научно-практической конференции 2017. С.48-55.
6. Клименкова Е.М., Юрасова И.И. Экологическая архитектура // Весенние дни науки: сборник докладов. Министерство науки и высшего образования РФ; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; Институт экономики и управления. 2021. С.802-808.
7. Кошман А.В., Мышлявцева С.Э. Методики оценки экологического потенциала территории // Экологические проблемы рекреационного использования горных лесов: материалы I Всероссийской научно – практической конференции. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2020. С.86-91.
8. Кураксина В.И., Сафина С.С. Проблемы развития инфраструктуры экологического туризма в Российской Федерации // Экологические проблемы рекреационного использования горных лесов: материалы I Всероссийской научно – практической конференции. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2020. С.97 – 101.
9. Ли Дженьшень, Лях В.И. Экологический дизайн и его роль в развитии культуры современного общества // Культура и цивилизация. 2022. Том 12. № 1А. С. 231-237.
10. Экология города: учебное пособие / Под ред. проф. В.В. Денисова. М., 2010. 768 с.

Ecological architecture in the north caucasus today: problems and prospects

Balikoev A.A., Lukomskaya A.V., Pogosova A.G., Tedeeva A.A., Tsavkaeva V.Kh.
North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

JEL classification: L61, L74, R53

Ecological architecture in the North Caucasus is at a turning point in its development. Today, the region possesses significant potential for creating a distinctive, sustainable environment, but its realization is hampered by a number of systemic problems. The main contradiction is the lack of a systematic approach to implementing "green" standards in mass construction. While the historical architecture of the Caucasus initially embraced environmental principles (using local stone and wood, adapting to the terrain and climate, and energy-efficient tower structures), modern development often ignores this experience. The prevalence of standardized solutions and glass concrete leads to a loss of cultural identity and fails to take into account challenging landscape and climatic conditions. The most promising development direction is a harmonious synthesis of modern technologies and national traditions. The article demonstrates that the lack of systematic graphic support for eco-projects reduces their recognition and investment attractiveness. Prospects include the introduction of an eco-oriented visual identity for cities in the North Caucasus, the development of a series of graphic environmental codes (color, scale, form tectonics), and the use of digital environments (BIM models + design visualization) to demonstrate the environmental parameters of architecture to a wide audience.

Keywords: graphic design, ecological architecture, North Caucasus, sustainable development, energy efficiency, green building, bioclimatic design, renewable energy sources, urban ecology, regional urban development.

References

1. Agabaev N. The Relationship Between Architecture and Ecology // Young Scientist. 2023. No. 21 (468). Pp. 79-81.
2. Akimova T.A., Khaskin V.V. Fundamentals of Eco-Development: A Study Guide. Moscow: Publishing House of the Plekhanov Russian University of Economics, 1994. 312 p.
3. Dimitryuk Yu.S., Popov Yu.M. Energy-Saving Technologies and Methods // Caucasian Dialogue: Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference, Nevinnomyssk, November 21-25, 2022. Nevinnomyssk: Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, 2022. Pp. 153-161.
4. Zinukova O.Yu. Greening Modern Architecture. URL: file:///C:/Users/%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0/Downloads/ekologizatsiya-sovremennoy-arhitektury.pdf/
5. Kislitsyna A.N. Environmental Projects in Environmental and Graphic Design // Graphic Design: Traditions and Innovations: Proceedings of the 2017 International Scientific and Practical Conference. pp. 48-55.
6. Klimenkova E.M., Yurasova I.I. Environmental Architecture // Spring Science Days: Collection of Reports. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin; Institute of Economics and Management. 2021. pp. 802-808.
7. Koshman A.V., Myshlyavtseva S.E. Methods for assessing the ecological potential of a territory // Environmental problems of recreational use of mountain forests: Proceedings of the 1st All-Russian scientific and practical conference. Krasnodar: Kuban State University, 2020. pp. 86-91.
8. Kuraksina V.I., Safina S.S. Problems of developing the infrastructure of ecotourism in the Russian Federation // Environmental problems of recreational use of mountain forests: Proceedings of the 1st All-Russian scientific and practical conference. Krasnodar: Kuban State University, 2020. pp. 97-101.
9. Li Zhenshen, Lyakh V.I. Ecological design and its role in the development of culture of modern society // Culture and civilization. 2022. Vol. 12. No. 1A. pp. 231-237.
10. Urban ecology: a tutorial / Ed. by prof. V.V. Denisov. Moscow, 2010. 768 p.

Геометрия зданий архитектурного комплекса "Москва-Сити" с точки зрения компьютерного 3D-моделирования

Иващенко Андрей Викторович
доцент, Московский государственный строительный университет, ivashchenko_a@inbox.ru,

Ваванов Дмитрий Алексеевич
старший преподаватель, Московский государственный строительный университет, kohinor51@yandex.ru

В статье описаны три различных подхода к моделированию архитектурных форм – программирование на встроенных языках, моделирование доступными средствами (применение примитивов и выполнение логических операций) и моделирование на основе использования облака точек.
Объект исследования: геометрические поверхности башен Москва-сити, моделируемые с помощью графического пакета NanoCAD, и облака точек.
Целью исследования является разработка алгоритма одного из способов моделирования геометрических форм башен Москва-сити, и его реализации средствами трёхмерной компьютерной графики.
Задачи исследования: 1) аналитическое описание поверхностей башен Москва-сити; 2) описание и реализация алгоритма создания трехмерной модели башни Москва-сити в среде «nanoCAD» с использованием встроенного в систему языка программирования nanoLisp.
Метод исследования – практическая реализация аналитических формул поверхности башни на языке программирования нанолисп с дальнейшим применением программы к задачам построения сложных геометрических форм высотных сооружений.
Результатом исследования является подробное описание алгоритма геометрического моделирования многоэтажного здания.
Ключевые слова: высотное сооружение, небоскреб, сложная геометрическая поверхность, криволинейные поверхности, взаимное сопряжение поверхностей, система трехмерного моделирования «nanoCAD».

Рассмотрим геометрическую форму следующих небоскребов, входящих в состав архитектурного комплекса "Москва-Сити" :

1) "Эволюция"
2) "Север"

С точки зрения сложности и трудоемкости моделирования внешней формы в NanoCADe эти небоскребы можно расположить в следующей последовательности:

- "Эволюция" - самая трудоемкая форма, требующая либо применения программирования, либо выполнения последовательности однотипных операций несколько десятков раз.

- башня «Север» из представленных в данной статье является наиболее просто моделируемой, поскольку позволяет обойтись стандартными примитивами, и не требует применения сложной техники работы в nanoCADe.

Степень подробности выполненных моделей может быть различной, но в данной статье ограничимся рассмотрением технологии построения грубой модели, достаточной для обеспечения узнаваемого облика небоскреба.

Описание геометрии башни «Эволюция»

Обобщенно боковая поверхность основной части башни «Эволюции» представляет собой поверхность, составленную из четырех фрагментов цилиндроидов, состыкованных между собой по так называемым «криволинейным» ребрам, каждое из которых представляет собой фрагмент винтовой линии. Несмотря на кажущуюся сложность поверхности, она допускает возможность достаточно легко ее получить программированием на любом доступном языке программирования, встроенном в САПР, поскольку каждый этаж (начиная со второго) основной части башни представляет собой повернутую на постоянный угол копию нижележащего этажа... Если моделировать эту поверхность в NanoCAD'e, то возможно получить модель программированием на языке NanoLisp. Альтернативный подход – это использовать встроенные примитивы и средства редактирования. Например, в программе 3dMax можно использовать трехмерный массив с одновременным поворотом относительно оси OZ. Аналогичные инструменты существуют и в программе NanoCAD, которая позволяет применять параметрическое моделирование.

Для моделирования башни «Эволюция» напишем небольшой lsp-скрипт, позволяющий достаточно просто получить сложную форму моделируемого небоскреба

```
(defun c:aaa (/ p1 p2 p0)
(setq p0 (list 0 0) p1 (list 450 450) p2 (list 225 225))
(command "3dbox" p0 p1 45)
(command "кп" "l" "" p0 "@0,0,45") (command "rotate" "l" "" p2 "-3")
(command "кп" "l" "" p0 "@0,0,45") (command "rotate" "l" "" p2 "-6")
…
(command "кп" "l" "" p0 "@0,0,45") (command "rotate" "l" "" p2 "-135")
(command "regen")
)
```

После выполнения lsp-скрипта в систему команд nanoCAD'a добавится команда aaa, выполнив которую получим следующее (см. Рис. 1):

Рис. 1. Модель основной части башни «Эволюция» в системе nanoCAD

Скрипт содержит основные этапы: 1) построение параллелепипеда первого этажа; 2) создание копии параллелепипеда, сдвиг вдоль оси Z на высоту этажа; 3) поворот копии относительно вертикальной оси симметрии на угол 3 градуса. Последние два пункта алгоритма повторяются 55 раз, в результате чего получаем аппроксимированный скрученный параллелепипед, форму которого имеет башня «Эволюция».

Геометрия башни «Север» представляет собой комплекс из двух групп геометрических тел — горизонтальной и вертикальной. Вертикальная группа состоят из цилиндра, заключенного в прмоугольные параллепипеды, представляющих собой реберный каркас прямоугольной призмы. На верхней грани цилиндра расположен конус, в вершине которого находится основание высокого шеста. Горизонтальная группа представлет собой достаточно стандартное здание, габариты которого в горизонтальном направлении превышают его высоту. В зависимости от уровня детализации геометрии можно говорить о трех различных уровнях построения геометрической модели:

1-й уровень. Представляет собой два частично пересекающихся прямоугольных паралеллепипеда. Это легко моделируется в любом трехмерном векторном редакторе (NanoCAD, 3dMAX) простой работой с трехмерными примитивами.

2-й уровень. В вертикальной группе можно различить центральный цилиндр, окруженный с четырех сторон четырьмя столбами, представляющими собой комплекс офисных помещений, на верхней грани которого установлена фонарь в виде конуса. Боковые столбы соединены в верхней части горизонтально ориентированными прямоугольными параллелепипедами. Горизонтальная группа представляет собой уже не прямоугольный параллелепипед, а сложной формы многогранник. План первого этажа представляет собой деформированный прямоугольник с соотношением сторон примерно 7:1.

Высота горизонтального блока примерна равна его ширине. Этот уровень моделирования требует некоторых навыков редактирования примитивов (объединения, вычитания, пересечения объемных тел, а также копирования и клонирования).

3-й уровень отличается наибольшей степенью подробности. На этом уровне можно проработать оконные и дверные проемы, а также различного вида отступления от строго геометрической формы. Тут можно применить некоторые приемы программирования на уровне макрокоманд.

Последовательность моделирования геометрии основной части башни «Север» в среде NanoCAD (размеры приведены в условных единицах).

1. Основная часть – это цилиндр радиусом 20 и высотой 100, с нижним основанием, расположенным на нулевой высоте. Моделируется встроенным примитивом. Для простоты дальнейших построений ось цилиндра совместим с осью OZ.

2. Верхняя часть состоит, во-первых, из цилиндра радиусом 10 и высотой 2, с нижним основанием, расположенным, на высоте с отметкой 100, и, во-вторых, из конуса с радиусом нижнего основания 10 и высотой 12, расположенным на отметке 102. Эта часть также моделируется встроенными примитивами.

3. Боковые квадратные в плане четырехугольные столбы, моделируются операцией выдавливания из полилиний. Достаточно смоделировать один столб, а остальные легко получаются копированием или созданием массива. Вначале построим полилинию с вершинами (20,0), (25,5), (30,0), (25,-5), а затем применим выдавливание с параметром выдавливания 120. После этого создадим круговой массив на основе построенного столба с параметрами: базовая точка – (0,0); число элементов массива – 4.

Горизонтальные балки можно создавать аналогично столбам, или же использовать встроенный примитив «ящик» (параллелепипед), и после их построения , их нужно переместить вдоль оси OZ на высоту 114 условных единиц. После завершения построения модель выглядит так как показано на иллюстрации (рис. 2) (выбран полупрозрачный режим изображений).

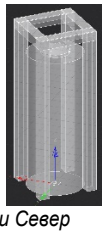


Рис. 2. моделирование башни Север

Моделирование объекта с помощью технологии, использующей облако точек

В отличие от рассмотренных предыдущих методов моделирования, данная технология имеет дело с уже возведенным строительным объектом, и поэтому не может являться основой архитектурного проектирования. Вместе с тем, часто возникает необходимость построения компьютерной модели уже существующего объекта (например, в процессе BIM-моделирования). Основной недостаток этого подхода – наличие огромного объема неструктурированной информации геометрических координат точек, принадлежащих объекту. Кроме того, «сырые данные» требуют определенной алгоритмической обработки по превращению неструктурированного массива в структурированный, в частности, определения окрестности выделенной точки (т.е. нахождения ближайшей точки), распознаванию частей объекта и решения других подобных задач. Работа этих алгоритмов обычно требует значительных затрат времени, и чем жестче требования к качеству результирующей модели, тем больше времени требуется на обработку данных. В большинстве современных САПР-систем для строительства включены эти программные модули (например, NanoCAD). Тем не менее, обработка облаков точек не может рассматриваться как приоритетный вариант технологии архитектурного проектирования.

В заключении можно сделать вывод: из трех рассмотренных технологий (непосредственное моделирование в САПР-среде, программирование геометрии, работа с облаками точек) наиболее удобным и естественным вариантом является моделирование в САПР-среде. Однако, не все геометрические формы удобно моделировать ограниченными средствами, предоставляемыми программами САПР, поэтому отдельные элементы проектируемого объекта можно получить за счет программирования геометрии, обеспечиваемого встроенными в среду языками программирования. И, наконец, в случае необходимости можно применить подход с использованием облака точек (этот случай может возникнуть, если, например, требуется поместить известную узнаваемую уникальную архитектурную форму в новый контекст).

Литература

1. Генералова Е.М., В. П. Генералов В.П. Вертикальная улица как общественное пространство в трехмерном компактном городе// Приволжский научный журнал, 2025, № 3, с.126-135
2. Oldfield P., Bronte D. Offset Cores: Trends, Drivers and Frequency in Tall Buildings. CTBUH Journal, 2019, Issue II, P. 40–45.
3. Генералова Е.М. Концепция формирования архитектуры высотных зданий и комплексов симбиотического типа: дисс. доктор наук. Специальность ВАК РФ00.00.00. Нижн.Новгород. 2023. С.621
4. BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors Chuck Eastman Paul Teicholz Rafael Sacks Kathleen Liston. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2021. P.506
5. Катеринина, С. Ю. Информационное моделирование зданий и сооружений : учебно-методическое пособие / С. Ю. Катеринина, О. В. Савина, А. С. Гуртяков, М. А. Куликов ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – 130 с.
6. Иващенко А. В, Ваванов Д. А. Геометрический анализ архитектурных объектов Москвы. //Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики». №4. 2023. С.32-34
7. Ваванов Д. А., Иващенко А. В. Построение компьютерной модели водонапорной башни В.Г. Шухова//Журнал «Инновации и инвестиции». №3. 2021. С.286-288

Geometry of buildings in the Moscow-city architectural complex from the perspective of computer 3D modeling

Ivashchenko A.V., Vavanov D.A.
Moscow State construction university

JEL classification: L61, L74, R53

The article describes three different approaches to modeling architectural forms: programming in embedded languages, modeling with available tools (using primitives and performing logical operations), and modeling based on the use of a point cloud.

The object of the study is the geometric surfaces of the architectural forms of the Moscow City towers, modeled using the NanoCAD graphics package and a point cloud.

The aim of the study is to develop algorithms for modeling the geometric forms of the Moscow City towers and implement them using 3D computer graphics..

The objectives of the study were: 1) an analytical description of the surfaces of the Moscow City towers; 2) a description and implementation of an algorithm for creating a 3D model of the Moscow City tower in the nanoCAD environment using the nanoLisp programming language integrated into the system, as well as a point cloud.

The research method involved the practical implementation of analytical formulas for the tower's surface in the nanoLisp programming language, followed by application of the program to problems of constructing complex geometric shapes of high-rise structures.

The result of the study is a detailed description of the algorithm for geometric modeling of a multi-story building.

Keywords: high-rise building, skyscraper, complex geometric surface, curved surfaces, mutual conjugation of surfaces, three-dimensional modeling system “nanoCAD”, nanoLisp, point cloud.

References

1. Generalova E.M., Generalov V.P. Vertical street as a public space in a three-dimensional compact city//Privolzhsky Scientific Journal, 2025, No. 3, pp. 126-135
2. Oldfield P., Bronte D. Offset Cores: Trends, Drivers, and Frequency in Tall Buildings. CTBUH Journal, 2019, Issue II, pp. 40–45.
3. Generalova E.M. Concept of Forming the Architecture of High-Rise Buildings and Symbiotic Complexes: Diss. Doctor of Sciences. Specialty: HAC RF 00.00.00. N.Novgorod. 2023. p. 621
4. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors Chuck Eastman Paul Teicholz Rafael Sacks Kathleen Liston. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2021. P.506

Методология применения локальных очистных сооружений для очистки поверхностного стока автомобильных дорог (на примере участка А-122)

Вязова Елена Витальевна
старший преподаватель, кафедра строительства дорог и инженерной экологии, Приволжский институт (филиала) МАДИ, e.v.efremova@mail.ru,

Григорьев Станислав Георгиевич
доктор биологических наук, доцент кафедры «Строительство дорог и инженерная экология»,

Григорьева Стелла Георгиевна
доктор педагогических наук, доцент кафедры «Строительство дорог и инженерная экология»,

Еремеева Светлана Сергеевна
кандидат географических наук, доцент кафедры «Строительство дорог и инженерная экология»,

Бичурина Светлана Усмановна
кандидат педагогических наук, доцент кафедры дошкольного образования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, bichurina@yandex.ru

В статье анализируются методы очистки поверхностных сточных вод с проезжей части автодороги А–122 с использованием локальных очистных сооружений. Рассмотрены гидрографические характеристики водосборов рек–аналогов и приведены результаты математического расчета сети дождевой канализации для условий Новгородской области. Описано устройство поверхностного стока и предложены мероприятия по водоотводу загрязненных вод в рамках капитального ремонта дороги. Также представлен перечень работ по сбору и очистке стока на исследуемом участке. Особое внимание уделено привязке расчетных данных к местным гидрологическим условиям.
Ключевые слова: водные ресурсы, участок дороги, эксплуатация дорог, сточные воды, очистные сооружения.

Введение

Приведение существующей сети автомобильных дорог к нормативным показателям – одна из задач, стоящая перед дорожниками Новгородской области до 2030 г.

Упрдор «Россия» ставит целью достичь нормативного состояния 85% федеральных автодорог Новгородской области к концу 2025 года. Автомобильная дорога А–122 образована Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2020 г. № 465 «О внесении изменений в перечень автомобильных дорог общего пользования федерального значения». Эта дорога связывает три области Северо–Западной России: Вологодскую, Новгородскую и Псковскую.

Рассматриваемый участок автомобильной дороги А–122 (автомобильная дорога А–114 – Устюжна – Крестцы – Яжелбицы – Великие Луки – Невель) на участке Шимск – Старая Русса – Локня – Великие Луки (далее – А–122) км 152+149 – км 157+767 расположен в Новгородской области.

В пределах водоохранных зон существующих речных систем и ручьев, проектом предусматривается организация сбора поверхностных сточных вод с последующей их транспортировкой к локальным очистным сооружениям (ЛОС). После прохождения необходимой очистки, обработанные стоки будут отводиться в водные объекты посредством специально устроенных водоотводных канав, имеющих водонепроницаемое покрытие для предотвращения инфильтрации.

Цель исследования: создание методологии или стратегии планирования применения локальных очистных сооружений для эффективной очистки поверхностных сточных вод, поступающих с дорожного полотна автодороги А–122, в пределах участка с км 152+149 по км 157+767.

Задача исследования: 1) провести обзор научной литературы по теме исследования и сформулировать методологию; 2) исследование применяемых на участке дороги А–122 локальных очистных сооружений для очистки поверхностных сточных вод; 3) осуществить инженерно–расчетное обоснование проектируемой сети ливневой канализации; 4) описать схему организации отвода поверхностных вод к локальным очистным сооружениям (ЛОС) в местах их пересечения с водными артериями.

Материалы и методы исследования

Исследуемый участок федеральной трассы А–122, являющейся частью маршрута А–114 (Устюжна – Крестцы – Яжелбицы – Великие Луки – Невель), расположен между 152–м и 157–м километрами, проходя через Шимск, Старую Руссу, Локню и Великие Луки. Это стандартная дорога третьей технической категории с двумя полосами движения и прочным асфальтобетонным покрытием. На отрезке от ПК3+81 до ПК12+37 дорога проходит через город Холм. Географически район исследования находится в лесной зоне.

Основная часть

Половодье обычно начинается в последней декаде марта. В первые дни уровень воды поднимается в среднем на 22 см в сутки. Спад воды происходит медленнее, в среднем от 6 см/сутки на небольших реках до 12 см/сутки на крупных. Общая продолжительность весеннего половодья составляет примерно 55–65 дней. Период низкого уровня воды (межень) обычно устанавливается с начала–середины июня и длится до октября. Ежегодно межень прерывается дождевыми паводками. Многие средние и малые реки Северо–Запада в это время зарастают водной растительностью, что может вызывать подпор уровня воды на несколько сантиметров. Средняя продолжительность зимней межени составляет от 84 до 115 дней.

Явления полного пересыхания или перемерзания водотоков на Северо–Западе встречаются редко. Ежегодное отсутствие стока наблюдается только на ручьях и логах с площадью водосбора до 0,5 км². В засушливые годы реки с площадью водосбора до 50 км² могут перемерзать или пересыхать на срок от 40 до 140 дней.

Вдоль исследуемого участка проложены дренажные канавы, предназначенные для отвода избыточной влаги с прилегающих территорий. Особенности гидрографии водосборов исследуемой территории автодороги проинформирована в таблице 1.

Таблица 1

Гидрографические характеристики водосборов рек–аналогов

№ п/п	ПК	Название	Площадь водосбора, км²	Длина от стока до створа, км	Длина общая, км	Уклон русла, ‰	Залесенность, %	Заболоченность, %	Озерность, %
1	3+87	Ложбина	0.61	0.99	1.06	0.42	56	0	0
2	11+85	Ручей б/н №1	2.22	1.61	1.90	9.45	27	36	0
3	17+47	Ложбина	0.11	0.20	0.45	3.84	0	82	0
4	21+80	Ложбина	0.04	0.34	0.47	2.00	75	0	0
5	23+22	Ложбина	0.03	0.26	0.38	2.94	67	0	0
6	28+88	Ручей б/н №2	2.41	1.16	1.64	10.6	76	7	0
7	34+48	Ручей б/н №3	2.32	2.10	2.91	24.8	69	21	0
8	45+75	Ручей б/н №5	0.34	0.24	0.48	23.2	74	24	0
9	53+64	Ложбина	0.14	0.10	1.03	2.42	29	0	0

Для расчета максимальных и минимальных расходов воды применялись методики, изложенные в СП 33–101–2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» [10].

Исходные данные для расчета максимальных расходов воды были получены из Единого фонда данных о состоянии окружающей среды и ее загрязнении (ФГБУ «Государственный гидрологический институт») и с сайта АИС ГМВО. Использовались данные гидрологических постов–аналогов.

Собранные данные были подвергнуты статистической обработке, включая проверку на однородность, оценку статистических параметров и построение кривых обеспеченности. Расчеты проводились на основе однородных рядов данных. Статистическая обработка и расчеты выполнялись с помощью программного комплекса «Гидрорасчеты» (блок БД «Гидрорасчеты»). Расчетные данные отображены в таблицах 2,3.

Таблица 2

Расчетные значения максимальных расходов воды весеннего половодья

№ п/п	ПК	Название водотока	Площадь водосбора, км²	$\delta_{оз.}$	$\delta_{лес.}$	$\delta_{бол.}$	$Q_{1\%}$, м³/с	$Q_{2\%}$, м³/с	$Q_{3\%}$, м³/с	$Q_{5\%}$, м³/с	$Q_{10\%}$, м³/с
1	3+87	Ложбина	0.61	1.00	0.41	1.00	0.73	0.68	0.63	0.58	0.51
2	11+85	Ручей б/н №1	2.22	1.00	0.48	0.54	1.49	1.39	1.28	1.19	1.03
3	17+47	Ложбина	0.11	1.00	1.00	0.33	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
4	21+80	Ложбина	0.04	1.00	0.39	1.00	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
5	23+22	Ложбина	0.03	1.00	0.40	1.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
6	28+88	Ручей б/н №2	2.41	1.00	0.39	0.83	1.98	1.85	1.71	1.58	1.37
7	34+48	Ручей б/н №3	2.32	1.00	0.39	0.66	1.55	1.44	1.33	1.23	1.07
8	45+75	Ручей б/н №5	0.34	1.00	0.39	0.63	0.25	0.23	0.22	0.20	0.17
9	53+64	Ложбина	0.14	1.00	0.47	1.00	0.21	0.19	0.18	0.16	0.14

В таблице приведены расчетные значения максимальных расходов воды весеннего половодья для различных водотоков, пересекаемых автодорогой А–122. Для каждого объекта указаны его пикетажное положение (ПК), название, площадь водосбора (в км²), а также коэффициенты озерности (δоз.), лесистости (δлес.) и заболоченности (δбол.). Рассчитаны максимальные расходы воды для различных вероятностей превышения: 1% (Q1%), 2% (Q2%), 3% (Q3%), 5% (Q5%) и 10% (Q10%), выраженные в м³/с.

Например, для ложбины на пикете 3+87 с площадью водосбора 0,61 км² и коэффициентами озерности 1,00, лесистости 0,41 и заболоченности 1,00 расчетные максимальные расходы составляют: Q1% = 0,73 м³/с, Q2% = 0,68 м³/с, Q3% = 0,63 м³/с, Q5% = 0,58 м³/с, Q10% = 0,51 м³/с. Аналогичные данные приведены для остальных водотоков, включая безымянные ручьи и малые ложбины, что позволяет оценить гидрологические особенности каждого участка и подобрать оптимальные параметры водоотводных сооружений.

Таблица 3

Расчетные значения максимальных расходов дождевых паводков

№ п/п	ПК	Название объекта	Площадь водосбора, км²	$Q_{1\%}$, м³/с	$Q_{2\%}$, м³/с	$Q_{3\%}$, м³/с	$Q_{5\%}$, м³/с	$Q_{10\%}$, м³/с
1	3+87	Ложбина	0.61	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
2	11+85	Ручей б/н №1	2.22	1.01	0.86	0.78	0.68	0.56
3	17+47	Ложбина	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
4	21+80	Ложбина	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
5	23+22	Ложбина	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
6	28+88	Ручей б/н №2	2.41	1.64	1.39	1.26	1.10	0.90
7	34+48	Ручей б/н №3	2.32	1.24	1.05	0.95	0.83	0.68
8	45+75	Ручей б/н №5	0.34	0.46	0.39	0.35	0.31	0.25
9	53+64	Ложбина	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.08

Анализ таблицы 3 показывает, что максимальные расходы дождевых паводков зависят от площади водосбора: у ручьев с большей площадью (2,22–2,41 км²) они значительно выше, чем у малых ложбин (менее 0,2 км²). Наибольшие расходы отмечены на пикетах 11+85, 28+88 и 34+48, минимальные – на 21+80, 23+22 и 53+64. Для всех объектов характерно снижение расходов с увеличением обеспеченности, но у крупных водосборов этот эффект выражен сильнее. Эти данные позволяют обоснованно подбирать параметры водоотводных сооружений и оценивать риски подтопления на разных участках автодороги А–122.

Максимальные расходы водопропускных труб на пересекаемых водотоках дороги III категории принимаются с обеспеченностью 2% (СП 34.13330.2012 [10]). Исследуемая часть автодороги А–122 км 152+149 – км 157+767 содержит 9 имеющихся круглых железобетонных водопропускных труб отв. 0,75 – 1,5 м.

Текущее состояние водопропускных труб оценивается как неудовлетворительное. Выявлены такие проблемы, как: несоответствие фактических диаметров требованиям СП 35.13330.2011 [11]; отсутствие оголовков; повреждения бетона портальных и откосных стенок (трещины, сколы); отсутствие укрепления откосов и русел и др.

В рамках капитального ремонта участка дороги III категории предусматривается организация системы водоотведения поверхностных сточных вод с проезжей части. Система будет включать: сбор стоков, элементы сбора и предварительной очистки, сеть ливневой канализации.

Ливневые сточные воды будут самотеком поступать на проектируемые локальные очистные сооружения (ЛОС) различной производительности (20, 40, 50 л/с). Для очистки ливневых стоков с автомобильных дорог III категории будут установлены комплексные локальные очистные сооружения (ЛОС). Эти сооружения представляют собой единый блок заводской готовности.

Цель работы ЛОС – улавливание и сбор нефтепродуктов, песка и взвешенных веществ из поверхностных (ливневых) сточных вод. Качество очищенной воды будет соответствовать рыбохозяйственным нормам. Для мониторинга эффективности очистки на канализационной сети предусмотрен контрольный колодец для отбора проб. Очищенные стоки будут направляться по закрытой системе ливневой канализации в водоотводные канавы с водонепроницаемым покрытием, а затем – в водные объекты.

Численные значения загрязнений в поверхностном стоке с покрытия автодороги III категории составили: взвешенные вещества – 780 мг/л; нефтепродукты –14,4 мг/л [7]. На автомобильных дорогах с интенсивным движением (более 1000 автомобилей в сутки) запрещено образование снежного наката [4]. Снегоочистка будет проводиться в установленные сроки. В связи с этим, очистка талых вод с проезжей части не планируется. Основное внимание уделяется своевременному вывозу снега с дороги [1].

Очистные сооружения будут располагаться вдоль дороги для удобства их обслуживания. Каждое ливневое очистное сооружение – это готовый к установке модуль, состоящий из стеклопластиковых емкостей. Эти емкости оснащены всем необходимым оборудованием для очистки дождевых стоков: пескоотделителем, маслобензоотделителем и сорбционным фильтром. Модули устанавливаются последовательно, заглубляются в грунт и соединяются между собой и с системой сброса с помощью труб. Сточные воды проходят через сооружение самотеком.

Процесс очистки стоков состоит из 4 этапов: 1) осаждение грубых частиц: удаление песка, ила и других крупных осадков; 2) осаждение взвешенных веществ; 3) отделение эмульгированных нефтепродуктов: удаление топлива, масел и продуктов сгорания; 4) адсорбция остаточных нефтепродуктов: поглощение оставшихся эмульгированных нефтепродуктов.

Стоки из ливневой канализации сначала поступают в пескоотделитель (1 этап). Затем, из пескоотделителя, они переходят в бензомаслоотделитель, где проходят 2 и 3 этапы очистки. После бензомаслоотделителя сточные воды проходят через сорбционный фильтр, являющийся четвертым этапом доочистки. Этот фильтр гарантирует высокую степень очистки, снижая концентрацию загрязняющих веществ до 99,8%, что соответствует установленным нормам. Для контроля качества очищенных стоков и организации их сброса после фильтрации предусмотрен колодец отбора проб. Очищенные сточные воды будут соответствовать рыбохозяйственным нормативам качества воды [5]. Основным показателем эффективности очистки является соблюдение предельно допустимых концентраций (ПДК) [3].

Для выпусков в черте населенных пунктов, норматив допустимого сброса (НДС) определяется таким образом, чтобы загрязняющие вещества не превышали ПДК непосредственно на выпуске. Содержание загрязняющих веществ в стоках зависит от типа дорожного покрытия и ин-

тенсивности движения транспорта. Расчеты НДС проводятся для наиболее распространенных загрязнителей – взвешенных веществ и нефтепродуктов, исходя из проектных данных. Поскольку среди нормируемых веществ отсутствуют компоненты 1 и 2 класса опасности, суммирование веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ) не требуется. Концентрации загрязняющих веществ для расчета НДС принимаются равными значениям степени очистки летучих органических соединений (ЛОС). Поквартальные нормативы допустимых сбросов для данного участка автодороги представлены в таблице 7.

Нормативы допустимых сбросов (поквартально)

Наименование веществ			ЛОС 1–5	
			Взвешенные вещества	Нефтепродукты
Класс опасности			–	3
Допустимая концентрация, мг/дм³			3	0,03
Утвержденный норматив допустимого сброса веществ, т/год			0,0409821	0,0004098
Утвержденный норматив допустимого сброса веществ, г/ч			142,3	1,42
НДС	I квартал	т/кв	0,0102455	0,0001025
	II квартал	т/кв	0,0102455	0,0001025
	III квартал	т/кв	0,0102455	0,0001025
	IV квартал	т/кв	0,0102455	0,0001025

В соответствии с СП 32.13330.2018 [8] расходы дождевых вод (л/с) определяются по методу предельных интенсивностей:

$$Q_r = \frac{z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-0,1}};$$

В этом методе используются параметры A и n, которые характеризуют соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности.

$$A = q_{20} \times 20^n \times (1 + \frac{\lg P}{\lg m_r})^\gamma$$

Также учитывается среднее значение коэффициента покрова z_{mid}, который характеризует поверхность бассейна стока [7], и расчетная площадь стока F (в гектарах). Расчетная продолжительность дождя T_r определяется как сумма $\sum t = t_{con} + t_{can} + t_p$ времени поверхностной концентрации t_{con}, времени протекания дождевых вод по уличным лоткам до рассчитываемого сечения t_{can} и времени протекания по трубам t_p. Время поверхностной концентрации $t_{can} = 0{,}021 \cdot \frac{l_{can}}{v_{can}}$ это время, за которое вода достигает системы лотков. Время t_{can} рассчитывается по формуле, где l_{can} – длина участков лотков (в метрах), а V_{can} – расчетная скорость течения на участке (в м/с).

$$t_p = 0{,}017 \sum \frac{l_p}{v_p}$$

Время протекания по трубам t_p определяется длиной участков сети l_p и расчетной скоростью течения V_p. Интенсивность дождя q20 – это значение, характеризующее дождь продолжительностью 20 минут при вероятности превышения P = 1 год. Также в расчетах используются показатель степени n, среднее количество дождей за год mr, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P и показатель степени γ [8]. Все эти параметры необходимы для точного определения расходов дождевых вод и проектирования систем водоотведения.

На рассматриваемом участке автомобильной дороги А–122 км для сбора и очистки поверхностного стока предусматривается: 1) прокладка коллекторов ливневой канализации для отвода поверхностного стока; 2) прокладка дождеприемных присоединений от проектируемых дождеприемных колодцев до смотровых колодцев на коллекторах ливневой канализации; 3) прокладка присоединений пескоуловителей до смотровых колодцев; 4) устройство дождеприемных колодцев для сбора поверхностного стока; 5) устройство смотровых колодцев в местах поворотов и присоединений; 6) устройство на выпуске сточных вод локальных очистных сооружений.

Для каждого из пяти локальных очистных сооружений (ЛОС) были определены основные расчетные параметры, необходимые для проектирования сети дождевой канализации. Площадь водосборного бассейна варьируется от 0,1966 до 0,8459 га. Для асфальтовых поверхностей принят коэффициент покрова 0,3055, а интенсивность дождя составляет 80 л/с на 1 га. Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя – 0,5 года, средний коэффициент стока – 0,95. Показатели степени составляют: n = 0,59 и γ = 1,54. Среднее количество дождей в году – 150, параметр A по СП 32.13330.2018 – 372,49.

Время добегания воды по поверхности для всех объектов – 5 минут, по лоткам – от 3,15 до 12,6 минут, по трубам – от 0,6 до 8,5 минут. Суммарное время tr составляет от 8,75 до 26,1 минуты. Максимальные расходы дождевых вод на выходе из системы находятся в диапазоне от 19,55 до 46,51 л/с. Расчетный объем стока, отводимого на очистку, составляет от 12,5 до 53,6 м³/сутки. Годовой объем поверхностного стока для каждого сооружения – от 457,7 до 1969,3 м³/год.

Эти параметры позволяют подобрать оборудование и спроектировать локальные очистные сооружения с учетом местных условий и нормативных требований.

Ливневая канализация укладывается из раструбных гофрированных полипропиленовых труб [2] диаметрами 285/250 мм и 340/300 мм кольцевой жесткостью SN8. Глубина заложения трубопроводов от 1,20 м до 3,3 м.

Заключение

Таким образом, исследование отечественных публикаций по данной теме подтвердило актуальность изучения мер по защите водных ресурсов вдоль автомобильных дорог. Примененные методы позволили детально проанализировать особенности дорожного полотна трассы А–122 и эффективность локальных очистных сооружений (ЛОС) в очистке поверхностных стоков с проезжей части. Предложенная в статье схема отвода поверхностных вод на ЛОС на пересекаемых водотоках, подкрепленная расчетами дождевой канализации, свидетельствует о том, что внедрение ЛОС на участке дороги А–122 (км 152+149 км 157+767) существенно снизит негативное воздействие на водные объекты бассейнов рек Ловать и Нева, предотвращая их загрязнение.

Литература

1. ГОСТ Р 50597–2017. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. – М., 2017.
2. ГОСТ Р 54475–2011. Трубы полимерные со структурируемой стенкой и фасонные части к ним для систем наружной канализации. – М., 2012.
3. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утверждена Приказом Министерства природных ресурсов РФ № 333 от 17.12.2007.
4. ОДМ 218.5.001–2008. Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега. – М., 2008.
5. ОДМ 218.3.031–2013. Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. – М., 2013.
6. Приказ от 13 декабря 2016 г. № 552. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (в ред. приказов Минсельхоза РФ от 12.10.2018 № 454, от 10.03.2020 № 118, от 22.08.2023 № 687, от 13.06.2024 № 320).
7. Приказ Министерства транспорта РФ от 16 ноября 2012 г. № 402. «Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог» с изменениями и дополнениями от 20 марта 2023 г.
8. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03–85 (с изменениями № 1, 2).
9. СП 33–101–2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М., 2004.
10. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85* (с изменениями № 1, 2).
11. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы – свод правил, утвержденный приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 года №822 и введенный в действие с 20 мая 2011 года.

Methodology for the use of local treatment facilities for cleaning surface runoff from highways (using the example of section A-122)

Vyazova E.V., Grigoriev S.G., Grigorieva S.G., Eremeeva S.S., Bichurina S.U.
Volga Region Institute (branch) of MADI, Kazan (Volga Region) Federal University

JEL classification: L61, L74, R53

The article analyzes methods for treating surface runoff from the A–122 highway carriageway using local treatment facilities. The hydrographic characteristics of analogous river catchments are examined, and the results of mathematical calculations for the storm drainage network, tailored to the conditions of the Novgorod region, are presented. The design of surface runoff management and measures for diverting contaminated water as part of the road's major repair are described. Additionally, a list of works for collecting and treating runoff at the study site is provided. Particular attention is given to adapting the calculated data to local hydrological conditions.

Keywords: water resources, section of road, road maintenance, wastewater, wastewater treatment facilities.

References

1. GOST R 50597–2017. Requirements for the operational condition acceptable under road safety conditions. Test methods. Moscow, 2017.
2. GOST R 54475–2011. Structured-wall polymer pipes and fittings for outdoor sewerage systems. Moscow, 2012.
3. Methodology for developing standards for permissible discharges of substances and microorganisms into water bodies for water users. Approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 333 dated December 17, 2007.
4. ODM 218.5.001–2008. Methodological recommendations for the protection and clearance of roads from snow. – M., 2008.
5. ODM 218.3.031–2013. Methodological recommendations for environmental protection during the construction, repair, and maintenance of highways. – M., 2013.
6. Order of December 13, 2016 No. 552. On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance (as amended by orders of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated October 12, 2018 No. 454, dated March 10, 2020 No. 118, dated August 22, 2023 No. 687, dated June 13, 2024 No. 320).
7. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of November 16, 2012, No. 402. "On Approval of the Classification of Works on Major Repairs, Repair, and Maintenance of Motorways," with amendments and additions dated March 20, 2023.
8. SP 32.13330.2018. Sewerage. External Networks and Structures. SNiP 2.04.03-85 (with amendments Nos. 1, 2).
9. SP 33-101-2003. Definition of the Main Calculated Hydrological Characteristics. Moscow, 2004.
10. SP 34.13330.2012. Motorways. Updated version of SNiP 2.05.02-85* (with amendments No. 1, 2).
11. SP 35.13330.2011. Bridges and pipes - a set of rules approved by the order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation (Ministry of Regional Development of Russia) dated December 28, 2010 No. 822 and put into effect on May 20, 2011.

Идеальный Город Тевтонского ордена: формирование структуры и правил городской жизни

Грин Ирина Юрьевна
кандидат архитектуры, доцент, Институт архитектуры и градостроительства, доцент кафедры Основ архитектуры и художественных коммуникаций, Московский государственный строительный университет НИИ МГСУ, grinirina@gmail.com

В статье рассматриваются политические, юридические, экономические условия, оказавшие влияние на формирование главной цитадели Тевтонского Ордена на новой территории. Устанавливаются причины и возможности формирования на территории Пруссии средневекового государства нового типа, уникального для Европы того времени не только своей организацией, но и военно-политическим статусом.
Впервые связывают в единое целое особенности тевтонского ордена как военно-религиозной организации, стремившейся не просто утвердиться единоличным владельцем над обширными территориями легитимной основе, но заложить основу уникальной для того времени структуры нового государства, систему подчиненных Тевтонскому ордену поселений как единого целого, а также утвердить особую городскую структуру не только замков как форпостов, но и подконтрольных поселений. Структура уникального регулярного города, заложенная идеалами Тевтонского ордена, отразилась не только в строго обусловленных строительных схемах, но на правилах повседневной жизни, потребовавших прописать полномочия, привилегии и ограничения в виде договора между рыцарями с их военной системой и гражданским населением. Установленная Орденом государственная система межевания стала образцом для других германских земель, еще раз подчеркнув статус Тевтонского ордена как политического и экономического лидера.
Ключевые слова. Тевтонский орден, Пруссия, идеальный город, регулярный город, рыцарские замки, новая средневековая городская структура, городской образ жизни, Кульмское право, тевтонская гуфа.

Введение

Стараясь самоутвердиться как территориальная и политическая сила в европейской государственной структуре, Тевтонский орден (полное название Орден дома святой Марии Тевтонской), первоначально сложившийся как военно-религиозная организация, выстроил свою стратегию освоения новых земель и строительства поселений как единого целого, подчиненного Ордену, превратившее в средневековое государство нового типа, сыгравшее большую роль в формировании политической карты Европы.

Как единоличный владелец Пруссии, Тевтонский орден полностью контролировал строительство на своей территории, создав уникальную для своего времени финансовую и межевую схему, строгие регламенты не только строительства, но и повседневной городской жизни.

Разработанное Орденом кульмское право отразилось на городской структуре, особенностях планировки и зонирования рыцарских замков и населенных пунктов, формально невоенных, но подконтрольных Ордену. Кульмское право, отличавшееся от городского законодательства других независимых городов, было принято на территориях нескольких европейских государств, и тем самым оказало большое влияние на средневековую градостроительную систему. Более того, кульмское право не ушло в историю, а продолжает и в 21 веке влиять на варианты развития инфраструктуры и строительства, правила реконструкции исторических центров европейских городов.

Научная значимость исследования

Последовательно выстраиваются периоды поиска Тевтонским орденом новых территорий, попытки компромиссов в выстраивании своих границ и сфер влияния, связывая с методами строительства новых поселений. Устанавливаются экономические, юридические, политические взаимосвязи Тевтонского ордена на пути к независимому государству как уникальному явлению средневековой Европы. Материалы статьи впервые связывают в единое целое условия, позволившие Тевтонскому ордену занять уникальную позицию в средневековой Европе, а также выстроить свою стратегию освоения новых земель как единое целое. Устанавливаются связи между политическими амбициями Ордена, его представлениями об идеальном государстве и идеальном городе, сформировавшиеся в ходе военного и строительного опыта.

Устанавливается значение роли магистра Ордена не просто в утверждении кульмского права, но его разработке, обосновании формулировок и правил повседневной жизни. Поскольку значение кульмской грамоты высоко оценено в истории градостроительства, важно было установить истоки появления этого документа. Именно фон Зальца является автором кульмского права, которое способствовало не только активной колонизации Пруссии, ее христианизации, но и созданию городов такого высокого статуса, которых, в европейском средневековом понимании, на этой земле ранее не существовало. Последовательно представлены материалы, связывающие понимание Тевтонского ордена об «идеальности» и «регулярности» во всех аспектах жизни – от внутренней религиозной до профанной повседневной.

Анализ роли Тевтонского ордена как территориально-политической единицы в структуре европейских государств

Тевтонский орден оставил особый след в истории градостроительства, выстроив уникальную для своего времени систему независимого государства, а также городскую структуру, выстроенную в соответствии со своим представлением об идеальном поселении и правилах повседневной жизни. Важно проследить путь, который прошел Орден в поисках наилучшей территории для освоения, и как представления тевтонских рыцарей об образцовой жизни сформировали городское пространство, ставшее правилом для городского населения далеко за пределами завоеванной Пруссии. Неудачное завершение Третьего крестового похода заставило Орден искать новые территории после утраты своих замков и земель в Палестине. На землях Средиземноморья, Испании, Киликийской Армении и других не удалось закрепиться, потому что интересы этих территорий надежно защищали другими орденами и государствами, что вело бы к конфликту [1, с. 27].

Альтернативой для Ордена стало приглашение царем Андрошем II Венгерским поселиться в Трансильвании. Это было взаимовыгодной сделкой: орден усиливал свои позиции, защищая малозаселенные терри-

тории от набегов кочевников. Некоторые замки на землях так называемого Семиградья, полученные в аренду, а не полновластным владением, хотя и с большими привилегиями от венгерского короля, представляли собой сложившиеся укрепленные сооружения, поэтому кардинально не переделывались орденом. Позже, получив разрешение короля, орден начал выстраивать в Венгрии деревянные и каменные замки с валами [2, p. 165-178].

Эти замки стали не только щитом для охраны венгерских границ, но и своеобразными военными базами как опора для захвата другие территории, на которые у Венгрии не было собственных финансовых и военных ресурсов [3, с. 290].

Но постоянные политические разногласия с венгерской властью и аристократией, вынудили Андроша II потребовать тевтонцам покинуть территорию венгерского королевства в 1225 году [4, с. 27].

Пруссия как возможность создания независимого рыцарского государства Тевтонского ордена

Умело балансируя между императором Священной Римской империи и Папой римским, Тевтонский орден, согласно «Золотой булле Римини», утвержденной Фридрихом II, получил в 1226 году законное право колонизации Пруссии, хотя официальный документ был датирован только 1235 годом [5, с. 107-154]. Таким образом, сохранив лояльность обоих самых сильных фигур христианского мира – Папы и императора – тевтонские рыцари, благодаря грамотной дипломатии верховных магистров, не просто получили право на завоевание новых земель, но и сумели построить государство со своей четко очерченной территорией, при этом не входящей в состав империи. Именно это уникальное положение нового орденского государства, имевшего имперские привилегии, но при этом не подчинявшегося императору, позволило тевтонцам создать новый тип территориальной государственности, за которым было будущее, как отмечал Maschke [6, с. 26-47].

Такая политическая конструкция, уникальная для своего времени, в дальнейшем позволила Пруссии в 1525 году из орденского государства преобразоваться в светское герцогство, а в 1701 году – возвыситься до статуса государства, имеющего собственного короля и сохраняющего свою обособленность, не вступая под власть священной Римской империи, в отличие от других немецких княжеств [4, с. 30]. Эти возможности давали Ордену не только большую политическую независимость, но и позволили создать свою законодательную базу, строго регламентирующую жизнь подвластного населения, прежде всего городского с разными слоями населения, обеспечивающего повседневные потребности тевтонских рыцарей.

Именно Пруссия как окраина христианского мира начала XIII века стала местом, позволившим Ордену и получить собственные земли, и продолжить главную миссию крестоносцев – борьбу с язычниками, и воплотить свою мечту об идеальной территории, а шире – государстве, не соперничая с другими орденами за земли [7, с. 156-160].

Особенности колонизации Пруссии Тевтонским орденом

Тевтонский орден неслучайно начинал строительство своих оборонительных сооружений и замков на месте старых прусских укреплений, которые на протяжении долгих лет являлись для населения и местами защиты, и важными социальными центрами [8, с. 229-230]. Новые военные и административные опорные пункты Ордена, с одной стороны, утверждали здесь свою силу и значимость, с другой – укрепляли сформировавшиеся социальные и торговые связи, оберегали транспортные линии, особенно речных и морских, поскольку прокладывание новых дорог между поселениями требовали времени и ресурсов.

Главной особенностью колонизации прусской земли была ее активная урбанизация, это стало основным драйвером для скорейшего заселения новых территорий. Такая схема колонизации значительно отличалась от других европейских примеров, поскольку тевтонцы выстраивали свои правила освоения так: крестьяне-переселенцы были задействованы, прежде всего, на строительстве первоочередных объектов – замка с его крепостными стенами и всем необходимым, затем города с его инфраструктурой, и только потом получали разрешение на выполнение других работ – возвращение к сельскохозяйственным занятиям [9, с. 452].

Несмотря на то, что Орден получил Золотую буллу императора в 1226 г., папская Курия только через 8 лет окончательно признала за тевтонским орденом право контроля над Пруссией в 1234 году [4, с. 29]. Благодаря большим усилиям Ордена Иннокентий IV, возглавляющий папский престол, выдал тевтонским рыцарям привилегии и индульгенции, как крестоносцам, идущим в Иерусалим [10, с. 324]. Память о прошлом крестовом походе тевтонцы хранили всегда, поэтому, даже потеряв свои земли на Святой Земле, Орден намеренно давал те же названия первым замкам сначала в Венгрии, а затем в Пруссии – Мариенбург, Шварценбург, Розенау и др. [3].

Первыми появлялись замки как оборонные пункты, рядом вырастали города и наполнялись колонистами. И только третьим этапом освоения стало планомерное выстраивание сельскохозяйственной структуры. Городские поселения становились этапом освоения прусской земли, следующим после возведения крепостей. Города, логично возникающие поблизости от рыцарских замков, были взаимовыгодным союзом, позволяющим горожанам зарабатывать, при этом иметь сильную защиту в виде рыцарей, а Орден собирал налоги, получал обслуживающий персонал и необходимое обеспечение. Для Ордена такие города-спутники повышали статус замка и значимость самого Ордена, а также обеспечивали рыцарей продуктами и всем необходимым.

Начав с военных укреплений и замков как символов власти, Орден активно способствовал урбанизации, о чем говорят высокие темпы возникновения и роста новых городов в первые десятилетия освоения Пруссии. Так, с 1231 по 1310-е годы появились 25 городов, из них 8 на Кульмской земле, но все они поначалу ориентировались на береговые территории, обеспечивающие сообщения между поселениями и другими государствами [11, с. 13].

Город как образцовый христианский регламент и формирование кульмского права для Пруссии и других европейских государств

Утвердившись на прусской земле при поддержке императора и римско-католической церкви, Орден получил в 1226 году в форме дарственной грамоты от князя Конрада Маковецкого, нового прусского епископа, в вечное пользование Кульмскую и Любавскую земли, что давало Ордену сильную политическую позицию. Этот документ нельзя недооценивать, поскольку такой договор считался бессрочным, и Ордену важно было последовательно упрочить свои позиции, имея опыт предыдущих земельных и финансовых потерь на Святой Земле и в Венгрии.

В том же году город Любек, обеспечивающий выход к Балтийскому морю, получил особые имперские привилегии, делающие этот портовый город более привлекательным с самых разных позиций – от роста населения до привлечения инвестиций и торгового оборота [4, с. 28], а также для легитимизации прав Ордена на новые территории и закреплявших его высшую власть на земле Пруссии, чтобы не повторять ошибок в договоре с венгерским королем.

С этого периода строительство новых замков и городов вышло на более высокий уровень – имея юридическое обоснование своей власти, Орден формировал собственные правила и законы, обязательные для исполнения по всей стране. Согласно немецким историкам, именно Герман фон Зальца, четвертый верховный магистр тевтонского ордена, в 1232 году разработал Кульмское право, которое на несколько столетий стало образцовым городским регламентом в прусском государстве [12, с. 85-86]. Кульмское право оказалось привлекательным не только в границах Пруссии, но было принято в разных городах Европы именно благодаря своей уникальности и относительно большей свободы по сравнению с другими имперскими территориями. Значение этого документа трудно переоценить, поскольку до активной колонизации Пруссии тевтонским орденом городов в европейском понимании такого статуса на этой земле не существовало.

Структура тевтонского города выстраивалась с выделением функциональных зон и профессиональных специализаций, четко распланировав будущие кварталы и выделив торговые, ремесленные, портовые и так далее. Иногда при одном замке появлялись несколько таких поселений-спутников, со временем объединяющихся в один город, по примеру Кенигсберга. Новые города создавались как регулярная структура, но не обязательно квадратная, имея больше свободы в соответствии с особенностями места. При этом главная площадь чаще всего представляла собой квадрат с ратушей как главной доминантой этой части города, олицетворявшей идеальный образец не только для самого города, но и для его сообщества.

Тевтонский орден, став военно-религиозной основой нового государства, поставил перед собой цели не только христианизации населения (искоренения язычества), но и «германизации» территории. Ордену необходимо было превращение населения в такое общество, которое жило бы по законам Священного Писания в единстве с государственной структурой. Так, в «Хронике» Петра из Дусбурга 1326-1330 гг. тевтонские братья напрямую ассоциировались с образами Ветхого и Нового Заветов [10, с. 323].

Тевтонцы опирались на Священное Писание и для выстраивания правил внутренней, духовной жизни, и для создания соответствующей внешней среды. Создавая свою государственную структуру как христианский образец, Орден перенес правила, основанные на Священном Писании, на структуру регулярных рыцарских замков, а затем и городов.

Став единственным владельцем прусской земли, с четкими государственными границами и полновластным управителем, Орден приступил к упорядочению всей системы – от судебной и административной до градостроительства и городского регламента. Именно это стало основой для перехода к регулярной форме замков и городов, которые поначалу, примерно до 1270-1280 гг., больше ориентировались на природные условия. Да, первые военные укрепленные поселения тевтонцев, построенные до 70-80-х годов XIII века, еще не были регулярными [11, с. 15; 13, с. 33]. Но довольно быстро сначала замки, а вслед за ними городские структуры стали возводиться как идеальные в соответствии и с внутренними религиозными установками, и внешнего христианского воплощения материальной среды.

Таким образом, новый регулярный город тевтонских братьев стал логическим продолжением религиозного упорядочения и усиления государственной власти. Римские военные городки, с которыми рыцари могли внимательно ознакомиться во времена крестовых походов, не могли быть приняты как примеры и руководство к действию, поскольку были построены римлянами – язычниками для непримиримых тевтонцев. Неслучайно, именно замки, как первые опорные точки, стали и первыми образцами «правильной христианской жизни» [9, с. 451].

Поскольку недосягаемый идеальный город – Небесный Иерусалим, – согласно Священному Писанию, имеет высокую стену и «расположен четвероугольником, и длина его такая же, как ширина» (Ап., XXI, 12, 16), то вся структура не только новых городов строилась строго по тексту Апокалипсиса, но и старая городская ткань активно переделывалась, если позволяли возможности ландшафта. В точном соответствии с представлением об идеальном городе, самой правильной формой плана для тевтонцев был квадрат с четырьмя высокими башнями по углам, соединенными высокими стенами, защищавшими город-крепость. Оборонительные стены, помимо военной задачи, были и символической преградой для тех, кто не принадлежит особому рыцарскому кругу избранных. Кажется нелогичным, что для храмов чаще всего отводились места почти на окраине первоначальных границ города, очень близко к крепостным стенам [14, с. 191, 196]. Но храм, расположенный на границе замка, во-первых, был более доступным для жителей, приходивших в замок из ближайших городов, а во-вторых, становился определенной преградой, не позволявшей «чужим» проникать вглубь, в «сердце» замка, олицетворявшего недосягаемость для простого обывателя, отделяя священное от профанного пространства. В центре замка, как правило, располагался и колодец, используемый для нужд только рыцарским сословием.

Рыцарский замок-крепость стал образцом городской структуры и городского образа жизни тевтонского ордена. За 300 лет его существования, как подсказывают разные источники, было основано от 87 до 93 городов, из них только пять были построены без привязки к орденским крепостям. Не имея в своем основании крепость как структурный и символический стержень, эти города больше представляли собой аграрные поселения, отличавшиеся ориентацией на крестьянский быт, значительно отличавшийся от городской повседневной жизни [15, с. 136-139].

Замок, закрепив права тевтонского ордена на новых землях, являлся образцом городской структуры и внутренней жизни. Торн стал первым городом с крепостью, башнями и стенами. Вторым стал Кульм (Хельмо), разрушенный самими пруссами при отступлении. Этот стратегически важный пункт не был восстановлен тевтонцами, а создан по новому стандарту, утвержденному для тевтонских рыцарей свыше – Священным писанием, слегка откорректировав рельеф. Городское право было прописано для Кульма самим верховным магистром в 1232 году, Кульм и Торн первыми получили от Ордена особые права-привилегии. Именно Кульмская грамота с ее городским регламентом, утвержденная в 1233 году, явилась образцом договора между горожанами и рыцарями в землях тевтонского ордена [16, с. 6.].

Планируя четкое структурирование городского пространства и его границ, которое нужно было заранее продумать в условиях слабозаселенных новых территорий, тевтонцы должны были выработать единое земельное мерило. Первым таким модулем стала кульмская гуфа – единица измерения площади, она же – минимальный размер участка, утвержденный Орденом и который рыцари сочли достаточным для обеспечения одной семьи. В других германских землях гуфа могла сильно отличаться в зависимости от конкретных условий – от 7,5 до 10 гектаров. Вторым городским модулем являлся кульмская трость (или «кульмский прут») – 4,32 м, которая позже стала называться «старой», когда появилась «новая» кульмская трость длиной 4,707 м. Обе эти меры длины активно использовались для планировки – разбивки городских кварталов, выделения участков и застройки. Кульм установил эти особые меры, но не отменил «старую» с появлением «новой», поэтому зачастую обе кульмские трости действовали одновременно, поэтому город, принявший кульмское право, имел возможность выбрать вариант, более удобный в границах своей земли и предпочтений. Одна кульмская трость по меркам Ордена равнялась 15 футам и соответствовала «трем шагам», где каждый «шаг» был 1,4175 м (или пять футов по 0,288 м каждый) – такой размер был ориентирован на шаг рыцаря-конника, в точном соответствии с интересами Ордена – хозяина этой земли [17, с. 423].

Главным отличием тевтонских орденских городов стало сохранение за государством собственности на городские земли. Поэтому горожанам участки не продавались, а сдавались в аренду с точными сроками оплаты годового налога. При этом правила позволяли участки перепродать, то есть передать свое право ренты, а также оставить в наследство, причем как по мужской, так и по женской линии. Орден регулировал систему штрафов для неплательщиков, но с большими рассрочками, предпочитая не забирать безвозвратно имущество злостного должника, а только брать в залог до выплаты долгов и штрафов. Тем самым власти, при всей своей жесткости, старались дать шанс обедневшим жителям поправить ситуацию и не увеличивать напряжение в городе, понимая, что рост количества нищих только ухудшит состояние города [16, с. 6].

Заключение

Тевтонский орден не только разработал финансовую схему по привлечению новых колонистов, но и государственную систему межевания, которая стала образцом для других германских земель. С появлением официального документа, одобренного Орденом, новое поселение могло считаться городом, только получив особую грамоту, четко прописывающую права и обязанности жителей. Тевтонскому государству гораздо выгоднее было, чтобы люди, прибывающие из разных земель, в том числе сельских поселений, быстрее встраивались в городской образ жизни, ставший важной частью «германизации» новых территорий. Городские хартии, ставшие обязательными в Германии в начале XIII века, помогали ускорению урбанизации на новых землях Ордена, а также для населения других территорий, уже знакомого с подобными правилами совместного проживания. Орден, соблюдая свои привилегии, в рамках Кульмской хартии давал городам своеобразную броню и настолько высокий статус, что получение такой грамоты стало особой точкой отсчета для многих городов Европы, разделив их истории на до и после принятия новых городских правил.

Литература

1. Удо А., ред. Верховные магистры Тевтонского ордена. – Москва: Ладомир, 2015. – с. 27.
2. Ţiplic I. M. Contribuţii la istoria spaţiului românesc în perioada migraţiilor şi evul mediu timpuriu (secolele IV-XIII). – Romania: Institutul European. Seria Istorie Colectia academica, 2005. Т. 3. – p. 165-178.
3. Urban W. The Teutonic Knights: A Military History. – London: Greenhill Books, 2003. – p. 290. – https://vk.com/@verustv-transilvanskii-eperiment (Дата обращения: 02.05.2026)
4. Удо А., ред. Верховные магистры Тевтонского ордена. – Москва: Ладомир, 2015. – с. 27-30.
5. Jasinski T., Fryderyka Z. B. II dla zakonu krzyzackiego z roku zrekomo 1226. – Roczniki Historyczne, 1994, 60. – s. 107-154.
6. Maschke E. Der deutsche Ordensstaat: Gestalten seiner großen Meister. – Hamburg, 1942. – p. 26-47.
7. Powierski J. Stosunki polsko-pruskie do 1230 r. Ze szczególnym uwzględnieniem roli Pomorza gdańskiego. Roczniki Towarzystwa Naukowego w Toruniu (TNT). – Torun, 1968. – s. 156-160.
8. Кулаков В. История Пруссии до 1283 года. – Москва: Индрик, 2003. – с. 229-230.
9. Грин И. Легко ли быть горожанином. – Москва: Бомбора, 2023. – с. 451-452.
10. Матузова В. Время в «Хронике земли Прусской» Петра из Дусбурга. В кн. Древнейшие государства Восточной Европы: Пространство и время в средневековых текстах. – Москва: Русский фонд содействия образованию и науки, 2010. – с. 323-324.
11. Белинцева И. Архитектура Восточной Пруссии: факты и интерпретации. Калининградская область. – Калининград: Живем, 2020. – с. 13.
12. Löwener M. Die Einrichtung von Verwaltungsstrukturen in Preußen durch den Deutschen Orden bis zur Mitte des 13 Jahrhunderts. – Wiesbaden: Otto Harrassowitz Verlag, 1998. – s. 85-86.
13. Skibinski, Sz. Jeszcze raz w kwestii genezy regularnego zamku krzyzackiego. Sztuka Plus XIII-XVIII wieku. Studia Borussico-Baltica Toruniensia Historiae Atrium, 1/ red. M. Woźniak. – Torun: Studia Borussico-Baltica Toruniensia Historiae Atrium, 1994. – s. 33.
14. Белинцева И. Строительные правила Тевтонского ордена. В изд. Архитектурно-градостроительный процесс: Регламентации и свобода. – Москва: ЛЕНАНД, 2013. – с. 191, 196.

15. Качанов Р. Орденские города Пруссии. Проблемные вопросы классификации. – Калининград: Калининградские архивы, ГП КГТ, 1998. –Материалы и исследования: Науч. сб. Вып. 1. – с. 136-139.

16. Качанов Р. Городское право орденских городов. – Калининград: Проблемы источниковедения и историографии. Калининградский гос. университет, 1999. – с. 6.

17. Рогачевский А. Очерки по истории права Пруссии XIII-XVII вв. /По материалам рукописных собраний Берлина и Санкт-Петербурга. – СПб: Юридический институт, 2004. – с. 423.

The Ideal City of the Teutonic Order: formation of the structure and rules of urban life

Grin I.Y.
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Institute of Architecture and Urban Planning

JEL classification: L61, L74, R53

The article examines the political, legal, and economic conditions that influenced the formation of the Teutonic Order's main stronghold in the new territory. It establishes the reasons and possibilities for the formation of a new type of medieval state in Prussia, which was unique for Europe at that time not only in terms of its organization but also in terms of its military and political status.

Teutonic Order as a military and religious organization are linked together. This organization sought not only to establish itself as the sole owner of vast territories on a legitimate basis, but also to lay the foundation for a unique structure of a new state, a system of settlements subordinate to the Teutonic Order as a whole, and to establish a special urban structure that included not only castles as outposts, but also controlled settlements. The structure of the unique regular city, based on the ideals of the Teutonic Order, was reflected not only in the strictly defined building schemes, but also in the rules of daily life, which required the establishment of powers, privileges, and restrictions in the form of a contract between the knights and their military system and the civilian population. The state land survey system established by the Order became a model for other German lands, further emphasizing the Teutonic Order's status as a political and economic leader.

Keywords: Teutonic Order, Prussia, ideal city, regular city, knightly castles, new medieval city urban structure, urban lifestyle, Kulm law, Teutonic gufa.

References

1. Udo A., ed. Grand Masters of the Teutonic Order. – Moscow: Ladomir, 2015. – p. 27.
2. Ţiplic I. M. Contribuţii la istoria spaţiului românesc în perioada migraţiilor şi evul mediutimpuriu (secolele IV-XIII). Institutul European: Seria Istorie Colectia academica. – Romania: Institutul European, 2005, T. 3. – p. 165-178.
3. Urban W. The Teutonic Knights: A Military History. – Greenhill Books, London, 2003. – p. 290. – https://vk.com/@verustv-transilvanskii-eperiment (Accessed: 02.05.2026)
4. Udo A., ed. Grand Masters of the Teutonic Order. – Moscow: Ladomir, 2015. – p. 27-30.
5. Jasinski T., Fryderyka Z. B. II dla zakonu krzyzackiego z roku zrekomo 1226. Roczniki Historyczne,1994, 60. – s. 107-154.
6. Maschke E. Der deutsche Ordensstaat: Gestalten seiner großen Meister. – Hamburg, 1942. – p. 26-47.
7. Powierski J. Stosunki polsko-pruskie do 1230 r. Ze szczególnym uwzględnieniem roli Pomorza gdańskiego. Roczniki Towarzystwa Naukowego w Toruniu (TNT). – Torun, 1968. – s. 156-160.
8. Kulakov V. History of Prussia to 1283. – Moscow: Indrik, 2003. – p. 229-230.
9. Grin I. Is it Easy to be a Citizen. – Moscow: Bombora, 2023. – p. 451-452.
10. Matuzova V. Time in the «Chronicle of the Prussian Land» by Peter of Dusburg. In The Ancient States of Eastern Europe: Space and Time in Medieval Texts (Russian Foundation for the Promotion of Education and Science. – Moscow, 2010. – p. 324.
11. Belintseva I. Architecture of East Prussia: facts and interpretations. Kaliningrad region. – Kaliningrad: Zivem, 2020. – p. 15.
12. Löwener M. Die Einrichtung von Verwaltungsstrukturen in Preußen durch den Deutschen Orden bis zur Mitte des 13 Jahrhunderts /Otto Harrassowitz Verlag. – Wiesbaden, 1998. – s. 85-86.
13. Skibinski Sz. Jeszcze raz w kwestii genezy regularnego zamku krzyzackiego. Sztuka Plus XIII-XVIII wieku. 1/ red. M. Woźniak (Studia Borussico-Baltica Toruniensia Historiae Atrium. – Torun, 1994. – s. 33.
14. Belintseva I. Building regulations of the Teutonic Order. In Architectural and urban planning process: Regulations and freedom. – Moscow: Lenand, 2013. – p. 191, 196.
15. Kachanov R. Order cities of Prussia. Problematic issues of classification. In Kaliningrad archives. Materials and research. Iss. – Kaliningrad: GP KGT, 1998. – p. 136-139.
16. Kachanov R. City law of order cities. In Problems of source study and historiography. – Kaliningrad: Kaliningrad State University, 1999. – p. 6.
17. Rogachevskiy A. Essays on the history of law of Prussia in the 13th-17th centuries. Based on materials from manuscript collections in Berlin and St. Petersburg. – St. Petersburg: Law Institute, 2004. – p. 423.

Геополимерные строительные материалы на основе красных шламов

Кейта Мохамед Ламин Фатумата
аспирант кафедры строительного материаловедения, Московский государственный строительный университет, keitalamine87@mail.ru,

Пилипенко Антон Сергеевич
кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, Московский государственный строительный университет, pilipenko.ans@gmail.com

Геополимеры рассматриваются в качестве перспективного решения, благодаря которому промышленные твердые отходы частично или полностью выступают в качестве цементирующих связующих. Цель статьи – рассмотреть возможности и особенности использования красных шламов для производства геополимерных строительных материалов. Задачи: 1) описать физико-химические предпосылки использования красного шлама в строительной индустрии; 2) изучить технологии модификации красного шлама; 2) на конкретных примерах строительных материалов выделить перспективы использования красного шлама. Методы группировка, анализ, систематизация, сравнение, обобщение. Результаты: в статье систематизированы технологические методы активации красных шламов и выделено их влияние на структурно-технические свойства геополимерной матрицы строительных материалов.
Ключевые слова: красный шлам, строительств, цемент, прочность.

Геополимеры — это экологически безопасные цементные материалы, способные заменить обычный портландцемент (ОПЦ), на долю которого приходится до 8% мировых выбросов углекислого газа (CO2) [1]. Эксплуатационные характеристики этих материалов аналогичны характеристикам ОПЦ, однако они обладают преимуществом, заключающимся в использовании промышленных отходов в качестве источника сырья для получения силикатов алюминия. В то время как производство гидравлического цемента может приводить к выбросам углекислого газа (CO2) в диапазоне от 600 до 1200 кг на метрическую тонну, в зависимости от эффективности производства и доли клинкера, выбросы углекислого газа (CO2) при производстве геополимерного цемента составляют от 271 до 425 кг на тонну [2].

По сравнению с традиционным бетоном, геополимеры, как правило, демонстрируют более высокую пластичность при растяжении, способность к упрочнению при деформации и устойчивость к образованию множественных трещин, что делает этот материал весьма перспективным для применения в гражданском строительстве. Объединение микромеханических принципов геополимеров, имеющих определенные инженерные свойства с технологией плотной упаковки частиц матрицы, характерной для бетона сверхвысокой прочности — инновационного строительного материала — позволяет одновременно обеспечить как высокую прочность при сжатии, так и превосходные характеристики при растяжении в высокопрочных композиционных цементах.

Красный шлам является наиболее широко используемым сырьем для геополимеризации. В области производства строительных материалов предстоит проделать еще большую работу, учитывая широкий спектр доступных для геополимеризации сырьевых материалов и их различные возможные комбинации, а также химические характеристики. Промышленные предприятия генерируют огромное количество промышленных отходов, некоторые из которых могут быть опасными. Такие отходы, содержащие значительное количество глинозема и кремнезема, могут стать потенциальным источником сырья для геополимеризации. Это не только способствует рациональному использованию отработанного сырья, но и обезвреживает токсичные вещества.

Комплексный потенциал красных шламов и оценочные характеристики данного сырья с позиций строительного материаловедения представлены в таблице 1.

Таблица 1
Физико-химические предпосылки использования красного шлама как компонента геополимерных строительных материалов [3,4]

Физико-химическое свойство / компонент красного шлама	Количественные и дисперсные параметры сырья	Влияние на технологию, структуру и свойства строительного материала
Высокая удельная поверхность и ультрадисперсность	– $S_{уд}$=15…30 м²/г; – размер частиц d_{50} =0,5…5,0 мкм.	Выполняет роль высокоактивного микронаполнителя. Уплотняет межчастичное пространство, регулирует водотвердое отношение и реологию бетонной смеси. Обеспечивает центры кристаллизации для ускорения сроков схватывания вяжущего.
Высокое содержание реакционноспособных Al2O3 и SiO2	– Al2O3: 12…22%; – SiO2:5…15%; – доля аморфной фазы: до 35 %.	Является главным структурообразующим прекурсором. При щелочной активации обеспечивает синтез прочного алюмосиликатного геля (N-A-S-H фазы), формирующего сплошную матрицу искусственного строительного камня.
Наличие остаточной технологической щелочи	– содержание Na2 $O_{экв}$: 2…8%; – pH водной вытяжки: 11,5…13,0.	Выступает в качестве эндогенного (внутреннего) активатора твердения. Инициирует деполимеризацию силикатных модулей, снижает на 15–20% потребность в экзогенных щелочных добавках и минимизирует риски высолообразования на готовых изделиях.
Повышенная концентрация оксидов железа	– Fe_2O_3: 30…55% (в виде гематита, гетита).	Приводит к формированию смешанного ферро-алюмосиликатного каркаса [Si−O−Al−O−Fe]. Обеспечивает высокую плотность интерфазной переходной зоны между матрицей и агрегатами, повышая прочность бетона на сжатие до 30–80 МПа (классы B25–B60).
Отсутствие свободных гидратных и карбонатных фаз кальция	– минимальное содержание свободного CaO; – термическая стабильность фаз до 1000 °C.	Исключает явление известкового разрыхления и деструкции камня при высокотемпературных воздействиях. Обеспечивает получение жаростойких бетонов

		(марки И8–И12) со стабильностью структуры при нагреве до 800–1000 °С.
Низкая капиллярная пористость синтезированного геля	– общая открытая пористость матрицы <10%; – водопоглощение: 4…8%.	Формирует замкнутую поровую структуру строительного композита. Прямо обуславливает высокие показатели долговечности: марку по морозостойкости ≥ F200 и коэффициент стойкости в агрессивных средах $K_{ст}$≥0,85.

Данные таблицы 1 показывают, что красный шлам является не просто пассивным отходом, а техногенным сырьем, обладающим необходимым физико-химическим потенциалом для направленного синтеза эффективных строительных композитов.

Таким образом, данная проблематика является актуальной, научно и практически значимой, что послужило основанием для выбора темы данной статьи.

Исследования, в которых рассматриваются вопросы синтеза и оценки свойств геополимерных кирпичей и блоков, представлены трудами Пиирайнена В.Ю., Баринковой А.А., Куклиной Л.Г., Лунёва А.А., Suchita Rai, Dilip H. Lataye, M. J. Chaddha, R. S. Mishra, P. Mahendiran, J. Mukhopadhyay.

Анализ влияния молярности, давления формования, температуры отверждения и содержания воды на физические и механические свойства геополимерных строительных материалов, входит в круг научных интересов Липина В.А., Медведева В.В., Ахмедова С.Н., Горбачева Е.В., Amin Al-Fakih, Zakaria Mohamed Nor, Shaik Inayath Basha.

Потенциал красного шлама как стабилизатора пены в геополимерном пенобетоне для создания огнестойких теплоизоляционных материалов детально анализируется Лебедевым А.Б., Конкиным С.Н., Вакаловой Т.В., Сергеевым Н.П., Толегеновым Д.Т., Rafael Sugrañez, Manuel Cruz-Yusta, Isabel Mármol.

Как свидетельствует проведенный анализ, многочисленные ученые и эксперты провели обширные исследования по разработке инновационных и экологически устойчивых строительных материалов с использованием различных промышленных отходов. Однако, дефицит данных о структурных изменениях в щелочно-активированных системах блокирует их массовое внедрение. Строительный сектор не поддерживает применение недокументированных вяжущих, несмотря на доступность техногенной алюмосиликатной базы.

Таким образом, цель статьи можно сформулировать следующим образом – рассмотреть особенности методов производства и характеристик геополимерных строительных материалов на основе красных шламов.

Прежде всего, отметим, что красный шлам (РШ) или бокситовый остаток — это высокощелочные промышленные отходы со средним pH 11,3 ± 1,0, составляющие около 55–65% перерабатываемых бокситовых руд на глиноземных заводах. По данным Геологической службы США (Национальный центр минеральной информации), в 2024 году во всем мире было добыто 370 миллионов метрических тонн бокситовых руд, что, соответственно, увеличило объем РШ в качестве побочного продукта примерно до 175 миллионов тонн в год [4]. Области его применения включают производство клинкера, кирпича из красного шлама, полых/пенокирпичей, тротуарной плитки, керамической плиткм, использование красного шлама в качестве заменителя глины при производстве обожженного кирпича, легкого заполнителя, частичной замены цемента, специального цемента, в качестве добавки или вяжущего в строительных растворах и бетоне, наполнителей в полимерных композитах.

Однако, несмотря на все характеристики и широкие перспективы использования красного шлама для производства геополимерных строительных материалов, его основные характеристики создают три основных проблемы: высокая щелочность (pH > 12,5) приводит к плохой совместимости на границе раздела фаз; низкая реактивность (содержание стеклофазы <30 %) влечет за собой низкую цементирующую эффективность; а сложные минеральные фазы (гематит и нефелин составляют более 60 %) вызывают микроструктурные дефекты. При использовании необработанного активированного красного шлама непосредственно для приготовления бетона 28-дневная стандартная прочность на сжатие составляет всего 15–20 МПа [5].

В ответ на низкую реактивность активированного красного шлама специалистами по строительному материаловедению были разработаны технологии его модификации (например, механическая активация, биологическая активация и термическая активация). Среди них механическое дробление и измельчение, хотя и просты в эксплуатации и энергоемки, не оказывают существенного влияния на реконструкцию минеральной фазы активированного красного шлама. Биологическая активация основана на метаболической активности микроорганизмов для деалкализации и осаждения тяжелых металлов. Однако ее медленное течение и недостаточная устойчивость штамма к высокосолевым и высокощелочным средам ограничивают широкомасштабное промышленное применение данной технологии. Напротив, термическая активация обладает уникальным преимуществом: в результате прокаливания при 600–900 °С инертная минеральная фаза в активированном красном шламе претерпевает ряд превращений с образованием высокоактивного аморфного алюмосиликата [2].

Рассмотрим более подробно конкретные примеры и перспективные сферы применения красного шлама для производства геополимерных строительных материалов.

Цемент. Красный шлам может использоваться в качестве добавки при производстве цемента, что не только снижает содержание клинкера — и, следовательно, сокращает выбросы CO2, связанные с производством цемента, — но и улучшает некоторые свойства цемента, такие как прочность и долговечность. Красный шлам отличается мелким размером частиц, высокой щелочностью и содержанием различных оксидов, в том числе оксида железа, оксида алюминия, диоксида кремния и оксида титана. Эти свойства делают его идеальным для использования в качестве добавки при производстве цемента или в качестве сырья для изготовления цементного клинкера.

Производство кирпича. В ряде исследований были рассмотрены возможности повторного использования красного шлама для производства строительных материалов, таких как кирпич и керамика. Красный шлам может частично или полностью заменить глину при производстве кирпича. Его состав способен улучшить механические свойства и долговечность кирпичей. Доказано, что кирпичи, изготовленные с использованием красного шлама, демонстрируют хорошие механические свойства, такие как прочность на сжатие, которую можно повысить за счет оптимизации содержания красного шлама и условий обжига.

Плитка, керамика и теплоизоляционные материалы. Красный шлам может служить сырьем для производства, например, керамики и изоляционных материалов. Включение его в смеси для плитки способно улучшить механические характеристики, в том числе прочность на изгиб и твердость, благодаря наличию оксида алюминия и оксида железа, которые способствуют образованию прочных керамических связей в процессе обжига.

В таблице 2 обобщены основные методы использования красного шлама в процессе изготовления геополимерных строительных материалов и характеристики, которые он придает готовым изделиям.

Таблица 2

Систематизация технологических методов активации красных шламов и их влияние на структурно-технические свойства геополимерной матрицы

Технологическая концепция синтеза вяжущего	Механизм структурообразования и фазовый состав искусственного камня	Достигаемые физико-механические характеристики	Рекомендуемые условия твердения и область применения
Прямая жидкофазная активация (однокомпонентная схема: исходный шлам + высокомодульные растворы силикатов натрия/калия)	Быстрое растворение аморфной фазы с образованием низкопрочного гидроалюмосиликатного геля. Высокое содержание несвязанных оксидов железа, выполняющих роль микронаполнителя.	– прочность на сжатие: 15–25 МПа; – водопоглощение: 10–14%; – коэффициент размягчения: 0,65–0,75;	Тепловлажностная обработка при температуре 80–95 °С. Производство теплоизоляционных материалов и штучных элементов благоустройства
Термохимическая активация (сплавление) (двухкомпонентная схема: обжиг смеси шлама с твердой щелочью при 500–800 °С с последующим затворением водой)	Перевод кристаллических фаз шлама (гематита, содалита) в реакционноспособные силикаты и ферраты натрия. При затворении формируется плотная пространственная сетка с включением ферросиликатных фаз	– прочность на сжатие: 40–60 МПа; – водопоглощение: 6–8%; – морозостойкость: до F150;	Нормальное твердение (20 °С) или низкотемпературная сушка. Получение высокопрочных конструкционно-теплоизоляционных бетонов
Гибридная (композиционная) активация (многокомпонентная схема: шлам + зола-унос / доменный шлак + комбинированный щелочной раствор)	Совмещенный синтез N-A-S-H геля (из золы/шлама) и C-A-S-H геля (из шлака). Оксиды железа шлама изоморфно замещают алюминий в тетраэдрах каркаса, уплотняя межчастичные границы	– прочность на сжатие: 60–90 МПа; – водопоглощение: 3–5%; – морозостойкость: F200 и более;	Широкий диапазон условий (от 20 до 85 °С) в зависимости от доли шлакового компонента. Конструкционные и дорожные бетоны общего назначения.
Механохимическая активация (совместный ультратонкий помол шлама и сухих активаторов в вихревых или планетарных мельницах)	Активация за счет разрушения кристаллических решеток минералов шлама, роста дефектности структуры и увеличения удельной поверхности сырья. Быстрая поликонденсация.	– прочность на сжатие: 35–50 МПа; – повышенная адгезия к арматуре; – усадочные деформации: снижены на 25–30%.	Нормальные условия твердения. Сухие строительные смеси специального назначения, ремонтные и инъекционные составы.

Подводя итоги, можно сделать такие выводы.

Строительная отрасль открывает широкие перспективы для использования красного шлама, который легко смешивается с полимерами, цементом или керамикой. В процессе исследования рассмотрены ограничения использования данных отходов, а также технологии их модификации для получения высококачественных, прочных и экологически чистых геополимеров. Кроме того, на конкретных примерах строительных материалов, таких как цемент, кирпич, плитка, керамика и теплоизоляционные материалы выделены особенности и перспективы использования красного шлама.

В завершении анализа проведена систематизация технологических методов активации красных шламов и отдельно отмечено их влияние на структурно-технические свойства геополимерной матрицы, а также рекомендуемые условия твердения.

Литература

1. Пиирайнен В.Ю., Баринкова А.А. Разработка композиционных материалов на основе красного шлама // Обогащение руд. 2023. № 3. С. 35-41.
2. Куклина Л.Г., Лунёв А.А. Анализ результатов исследований белитовых шламов и материалов на их основе // Техника и технологии строительства. 2026. № 1 (45). С. 14-18.
3. Amin Al-Fakih, Zakaria Mohamed Nor, Shaik Inayath Basha Characterization and Applications of Red Mud, an Aluminum Industry Waste Material, in the Construction and Building Industries, as well as Catalysis // The Chemical Record. 2023. Volume 23, Issue 5. O. 10-18.
4. Saga Holmström, Mercedes Jiménez-Rosado, Rodrigo Oliver-Simancas Red Mud as an Additive in the Extrusion of Protein-Based Porous Materials // Macromolecular Materials and Engineering. 2025. Volume 310, Issue 10. P. 22-31.
5. Липин В.А., Медведев В.В., Ахмедов С.Н., Горбачев Е.В., Шапот Д.М. Получение гидрогранатсодержащих пигментов из красных шламов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2022. № 4. С. 101-106.

Geopolymer building materials based on red sludge

Keita Mohamed Lamine Fatoumata, Pilipenko A.S.
Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

JEL classification: L61, L74, R53

Geopolymers are regarded as a promising solution in which industrial solid waste acts, either partially or entirely, as a cementitious binder. The aim of this article is to examine the possibilities and characteristics of using red sludge for the production of geopolymer building materials. Objectives: 1) to examine the physico-chemical prerequisites for the use of red sludge in the construction industry; 2) to describe technologies for modifying red sludge; 3) to highlight the prospects for using red sludge using specific examples of building materials. Methods: grouping, analysis, systematisation, comparison, generalisation. Results: the article systematises the technological methods for activating red sludge and highlights their influence on the structural and technical properties of the geopolymer matrix.

Keywords: red sludge, construction, cement, strength, water.

References

1. Piirainen V.Yu., Barinkova A.A. Development of composite materials based on red sludge // Ore Beneficiation. 2023. No. 3. pp. 35–41.
2. Kuklina L.G., Lunev A.A. Analysis of research results on belite slurries and materials based on them // Construction Engineering and Technology. 2026. No. 1 (45). pp. 14–18.
3. Amin Al-Fakih, Zakaria Mohamed Nor, Shaik Inayath Basha Characterization and Applications of Red Mud, an Aluminum Industry Waste Material, in the Construction and Building Industries, as well as Catalysis // The Chemical Record. 2023. Volume 23, Issue 5. O. 10-18.
4. Saga Holmström, Mercedes Jiménez-Rosado, Rodrigo Oliver-Simancas Red Mud as an Additive in the Extrusion of Protein-Based Porous Materials // Macromolecular Materials and Engineering. 2025. Vol. 310, Issue 10. P. 22-31.
5. Lipin V.A., Medvedev V.V., Akhmedov S.N., Gorbachev E.V., Shapot D.M. Production of hydrogranate-containing pigments from red sludge // Bulletin of St Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and Technical Sciences. 2022. No. 4. pp. 101–106.

INNOVACII i INVESTICII
№6 2026
научно-аналитический журнал
ISSN 2307-180X
ИННОВАЦИИ "ИНВЕСТИЦИИ

INNOVATION MANAGEMENT

Development of Innovative Infrastructure Based on Digital Transformation. Denisenko, E.V., Gubernatorov, A.M. 5
The Current Institutional Environment and Innovative Infrastructure of the Vladimir Region. Denisenko, E.V. 8
Government Projects for the Formation and Support of Innovative Industrial Clusters in the Petrochemical Sector: A Comparative Analysis of the Experience of the Republic of Bashkortostan and the Republic of Tatarstan. Dyadchenko, D.V., Nechaeva, E.N. 12
Development of Innovative Activity Based on Artificial Intelligence in Government Agencies. Kogotkova, I.Z., Orlova, D.A., Soroko, G.Ya 16
The Role of the Socio-Psychological Climate in Employee Innovative Behavior: Management Styles and the Effectiveness of Organizational Transformations. Sokolova, I.A., Zenkova, T.Yu. 20
Ways to Enhance the Innovative Potential of the Russian Renewable Energy Industry from a Technological Sovereignty Perspective: A Case Study of the Wind Energy Industry. Hai Jingxian 24
Digital Marketing Strategies of Innovative Medical Companies in a Regulated Public Procurement Market. Shmelev E.P. 28
Digital Transformation and Radical Innovation: An Analysis of Listed Manufacturers in China. Yuan Wu, Bolonin A.I. 31
Commercialization of Innovations: Essence and Key Characteristics. Kazakova O.B., Gogolev V.Yu. 35
Managing an Innovative Project for the Production of Superhard Materials in the Context of Digitalization. Shiryaeva L.S. 39

INVESTMENT MANAGEMENT

Investment Attractiveness of KRT Projects. Komolova A.V., Popov S.E., Dmitriev K.A., Rusanov D.A., Borovykh A.N. 42
Regulatory and Institutional Conditions for Digital Interaction between Participants in the Investment and Construction Process Based on BIM/TIM. R.V. Malakhov. 45
Optimization of Investment Costs in Road Construction Based on Accurate Engineering and Geological Data. G.O. Nikolaeva, E.V. Uvarov. 50
Business Investment Activity in the Russian Federation: Transformation Directions. A.I. Ovechkina, N.P. Petrova, R.I. Prisyazhnaya. 53
A Mathematical Model for Assessing Enterprise Investment Security in the Context of External Shocks. A.R. Furundzhi. 56
Institutional Transformation of the Domestic Innovative Investment Market in the Context of Technological Sovereignty. T.N. Shushunova, T.A. Shpilkina, N.N. Grinev, N.Yu. Nikolaeva. 60

THEORY AND HISTORY OF ECONOMY

Historiographical Review of Industrial Policy Development in the USSR and the Russian Federation. R.I. Akchurin. 64
Assessing and Managing the Value of a Russian Bank's Loan Portfolio in a Sanctioned Economy. A.S. Inozemtsev. 67
Organizational and Economic Mechanism: Concept, Content, and Role in Management. I.S. Lapshin. 70
The Impact of Digitalization on the Transformation of the Modern Economic System. E.A. Mingaleeva. 74
An Adaptive Model for Forecasting Foreign Economic Activity Risks in the EAEU State Regulation System. P.A. Nefedov. 77
Transformation of Management Decision Theories in the Age of Artificial Intelligence: A Conceptual Review and Scenario Model of Hybrid Management. I.V. Skvortsova, Yu.R. Nurulin, A.G. Somov. 80
"Silver Economy" - Concept and Reality. I.B. Teslenko. 84

GLOBAL EXPERIENCE

New Centers of Power in the Global Energy Sector: Technological Superiority as a Leadership Factor in the Era of Energy Transition. Araslanov, R.F. 87
Global Structure of Oil and Gas Exports. Bocharnikov, I.A. 90
The Potential of Advanced Wood Processing as a Driver of Integration of Russian Forestry Enterprises into Cross-Border Value Chains. Vesnin, A.S. 94
Characteristics of the Operational Architecture of Over-the-Counter Trading in Countries Around the World and Their Impact on Investment Flows. Evdokimov, A.D. 98
The Role of China's Electronic Trading Platforms in the Transformation of International Trade in the Context of Digitalization. Zabolotskaya, V.V., Mukhamedzhanova, I.I. 103
Technological Entrepreneurship in the Digital Economy: Security Issues. Korotkova, O.V. 107
The Impact of Geopolitical Restrictions on Price Fragmentation in the Oil Market: An Analysis of Brent–Urals–Dubai Spreads. Leshchinsky, D.F. 109
The Multifaceted Impact of Artificial Intelligence on the Global Economy and Society. Liu Wenbo, Lvin Yu.M., Senkiv I.O. 112
Characteristics of Current Trends and Dynamics of Changing Consumer Preferences in the Global Soft Drinks Market. Meneiliuk M.A. 115
Foreign Experience in Organizing the Automotive Industry in China. Merenkov A.O. 119
The Impact of AI Systems on the Global Labor Market. Morozov V.A., Chanturia I.D. 122
Central Asia as an Agro-Industrial Hub for Foreign Investors: Institutional Conditions, Logistics, and Product Strategy for Entering the EAEU Markets. Klepikova N.A., Murtuzalieva S.Yu. 126
Adapting a Logistics Company's Strategy to Supply Chain Fragmentation in Pacific Asia: From Global Optimization to Regional Sustainability. Paletskaya E.V. 129
Information Analysis of the Economies of European Countries Based on GDP Data. Pichugin Yu.A., Pushkina V.P., Filimonova E.G. 133
From borrowing models to one's own model: the qualitative transition of national economies to the global m in the economy. Seregina A.A. 136
Key Directions of Transformation of the US E-Commerce Market. Slitskaya A. 140
Adaptation of Flexible Project Management in the Context of Remote Work. Pavlovsky P.V., Fomina Yu.A., Makhalina O.M., Gavrilin E.A., Poryadina A.A. 144
Assessing the Potential for Digital Transformation of the Manufacturing Industry: An Entropy-Based Index Construction Methodology and Its Testing Using the Examples of China, the USA, Germany, and Japan (2008–2023). Fu Bingjie. 147
Global Competitiveness Rankings: A Comparative Analysis and Systemic Gaps. Shilikov N.S., Khloptsov D.M. 151
British Petroleum (BP)'s Innovative Technological Strategy in the Context of the Fourth Energy Transition. Popadko N.V., Mirkholenko D.D. 156
North African Countries as New Players in the Global Energy Transformation. Fedorova V.A., Golovko E.E., Denshchikova M.V. 160
The Role of the Karabakh Region in the Formation of "Green" Energy in Azerbaijan. Polaeva G.B., Gezalov N.A. 164

CONTROL THEORY. MANAGEMENT. MARKETING

An Organizational and Economic Mechanism for Managing the Digital Transformation of an Organization Based on a Neural Network-Based Management Decision Support System. Alaev A.S. 169
Strategic Planning and Marketing in Educational Services: Analysis, Positioning, and Diversification. Aruna. 173
The Impact of Digital Twins on the Operational Efficiency of Industrial Production Systems. Bulygina A.V. 176
Transformation of the Educational Environment in the New Learning Environment: The Impact of Artificial Intelligence on the Digitalization of Education. Garmashuk E.E. 181
The Problem of Digitalization of Organizational Management Business Processes. Gladyshev, I.D. 184
A Model for Managing Digital Communications in an Organization in the Context of Personalization. Gredeskul, A.A. 188
Business Process Reengineering: New Opportunities in Modern Realities. Guseva, M.N., Lishtaba, A.V. 191
A Stage-Based Risk Aggregation Model for Medical Artificial Intelligence Startup Projects. Evstafiev, G.D., Myznikova, M.N. 195
New Consumer Patriotism: Loyalty as a Strategic Marketing Resource in the Context of Import Substitution (using the Food Market as an Example). Zverev, A.V. 199
Staff Turnover in Commercial Banks in the Context of Digitalization: Technological Solutions and Their Limits. Zubov, N.R. 203

From End-to-End Visibility to Preventive Decisions: A Scenario-Analytical Model of Supply Chain Management in Procurement. Ivlev, E.S. 206
Corporate Culture as an Innovative Strategic Business Asset of a Company in the Context of Digital Transformation. Kirakosyan, A.V., Rasskazova, I.N. 210
Theoretical Approaches to Developing an ESG Management Methodology in the Digital Economy. Kochnev, S.A. 214
Human Resource Management in Green Tourism. Solomina, I.Yu., Nemchinova, E.E., Lebedev, K.A. 218
A Relational Concept of Managing Interorganizational Relationships Based on Innovative Capabilities. Lebedeva, D.V. 221
Current Issues and Promising Instruments of Corporate Social Responsibility. Svistunov, V.M., Maslov, K.P. 225
Analysis of Economic Mechanisms for Regulating Streaming Services. Matveeva, T.A. 229
Features of Using AI Services in an Industrial Enterprise Management System. Mukhamediyarov, E.R. 232
Innovation Management as a Strategic Framework for Knowledge Management in the Context of Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises. I.M. Mukhamedov. 236
Theoretical and Methodological Aspects of Integrating Digital Technologies into the Strategic Management System of Holding Structures. K.A. Nagorny, I.V. Kovalenko, P.P. Yablonovsky. 239
Managing Communication Interactions among Participants in the Development of Corporate Training Programs. E.V. Panferov, I.R. Karamyan. 243
Economic Efficiency of Implementing Corporate AI Assistants Based on Domestic Large-Scale Language Models: Assessing ROI and Total Cost of Ownership in the Context of Import Substitution. A.V. Ponachugin, E.A. Barkov, N.O. Tsyplenkov. 247
Digital Transformation of Construction Project Management: Economic Effects and Barriers. I.V. Romanova. 251
Organizational and Economic Mechanism for Optimizing the Production Activities of High-Hazard Facilities through Dynamic Risk Management. Ryabov V.V. 254
The Impact of Information Transparency on Consumer Trust and Business Economic Performance. Tereshkov A.Yu., Andreev V.I. 258
A Methodological Approach to Quantitative Assessment of Information Risk in the Economic Space of an Industrial Organization. Filippov P.O. 262
Transformation of Management Competencies in the Context of the Formation of an Enterprise's Digital Ecosystem. Silakova V.V., Chichin I.A. 267
Firm Boundaries in the AI Era: Developing a Theory of Transaction Costs Using the Example of Metallurgy. Shakhova M.S., Gruzdeva E.V., Mikhailova L.A., Lokteva K.N. 270
Approaches to Intellectual Property Management in Creative Industries. Yakovlev A.V. 274
Strategic Management of Industrial Enterprises: Essence, Evolution, and Current Trends. Savosina S.A. 279
Russian code in branding and advertising as a cultural and comm A unique phenomenon. Aleksandrova N.A., Glushkova E.E. 284

ECONOMY OF INDUSTRIES AND REGIONS. STATE AND MUNICIPAL GOVERNANCE

Regional Tourism Development: Tools for Planning and Resource Management. Bobkov P.A. 289
Prospects for the Application of Digital Technologies in the Construction Industry. Vyrodova I.G., Kokharev S.E., Popova E.G., Linnik S.V., Volkhin D.E. 292
Regional Specifics and Mechanisms for Managing the Sustainable Development of the Residential Real Estate Market in Cities with a Population of Over a Million in the Siberian Federal District. Groo K.A. 295
Modern Approaches to the Development of Scientific and Industrial Industry in the Far North. Ilvitskaya S.V., Danchenko A.Yu., Sizova A.D. 298
Technological Sovereignty as a Factor in the Implementation of ESG Strategies and the Achievement of Sustainable Development Goals. Degtyareva V.V., Yang Junjie 302
A Methodological Approach to Assessing the Commercial Attractiveness of Waste-to-Energy Power Plants in the Context of the Transition to a Circular Economy. Khalidov I.A., Efimkina M.S. 305
Development of E-Commerce in Africa: Opportunities and Challenges for Retail Transformation. Ikenweji Chukwuemeka David 310
A Methodological Approach to the Economic Assessment of the Mineral Resource Potential of Uranium Deposits. Kildyushov E.V., Marinina O.A., Lyubek Yu.V. 314
Kuzbass in the New Reality: Challenges and Opportunities for the Sustainable Development of Russia's Resource Regions. Kireev A.V., Klyukina D.V., Atlasov N.E. 318
A Theoretical Analysis of the Impact of Migration on the Socioeconomic Development of Regions. Kireev A.V., Klyukina D.V., Atlasov N.E. 321
Digital Transformation and Operational Efficiency of Manufacturing Enterprises in Kazakhstan. Koimenkeev D. 323
Digital Transformation of the Construction Industry: Implementation of Project Management Systems (MS Project, Primavera, Spider Project, etc.). Krasheninnikov V.M. 326
The Instrumental Illusion of Security in the Digital Transformation of Internal Process Management at Industrial Enterprises. Kuznetsov K.V. 329
Information Risks in Digital Healthcare: Challenges for Economic Security. Levashov L.V. 332
Strategic Planning Tools in IT Enterprises: Systematization, Comparative Analysis, and Specific Applications. Myseva E.R. 336
Use of Digital Technologies in Enterprises of the Russian Agro-Industrial Complex: A Management Approach. Neganova V.P., Kulkova I.A. 340
Methodology for Assessing the Sustainable Development of Regional Economic Systems: A Testing Case Study of the Southern Federal District. Osetrov, M.A. 344
Empirical Analysis of the Dynamics of Intangible Asset Management Efficiency in Russian Regions during the Transition to an Innovative Economy. Petrenchuk, M.D., Brylov, P.A., Fraimovich, A.D. 346
A Unified Ecosystem of the Black Earth Region: Advantages and Risks (SWOT Analysis). Polonov, A.A. 349
Formation of an Insurance Company's Investment Portfolio in the Health Insurance Market. Rodionova, L.N., Mozhaev, A.Yu. 352
Tools for Monitoring Regional Economic Security in the Face of Modern Challenges. Ryabinin, V.I. 355
Formation of a Model of Balanced Sustainable Development of the National Economy. Tebekin, A.V., Dosugova A.V. 358
Sports Services as a Factor in Sustainable Regional Development: A Conceptual Gap and a System of Indicators. Khabarov, D.A. 361
Monitoring and Evaluation of the Development of the Agro-Industrial Complex of Krasnodar Krai. Khalyapin, A.A., Ilyenko, V.A., Gorulko, Yu.A., Yurchenko, E.N. 365
The Role of Siberia's Hydropower Potential in Ensuring the Export Competitiveness of Russian Aluminum in Asian Markets. Shapovalov, K.V. 369
Cooperation between the Oil and Gas Sectors and Aviation to Overcome Challenges in the Implementation of the CORSIA Program in Russia and Globally. Boyko, D.S., Arsenyev, N.M. 373
Technological Sovereignty as a Condition for Sustainable Development of the Oil Industry in Eastern Siberia. Kraynova, E.A., Yanovskaya, V.A. 376
The Concept of a Specialized "Single Integrator" of Russian Medical Equipment to Preempt Imports in the Medical Industry: An Organizational and Legal Model Based on an Autonomous Non-Profit Organization. Bronnikov, A.M. 380
Social Responsibility of Business in the Era of Structural Restructuring: A Conceptual Model of Impact on National Sustainability. Nikonov, E.I. 384
Methodology for Assessing the Impact of Digital Platforms on the Rate of Innovative Development of Companies. Semeshkin, N.I. 387
Managing International Business in Russia in Conditions of Turbulence. Novydarsky, D.A. 389

CONTEMPORARY TECHNOLOGIES

A Fidelity-of-Intention Metric for Assessing the Quality of Digital Twin Modification Systems Based on Natural Language. Azeeva, A.A. 392
Methods and Architecture for Implementing an Autonomous Speech Recognition and Translation System in Embedded Devices Based on Artificial Intelligence. Aushev, A.A., Tsuroev, I.M., Katieva, L.M., Evloev, I.T. 395
Processing Lead-Zinc Concentrate by Hydrometallurgical Treatment in a Nitric Acid Solution. Badalov D.N., Isoeva A.T., Samikhzoda Shonavruz Rahim 397
Methodology for generating event history of well stock for survivability analysis in problems of optimization of scheduled preventive maintenance. Borodinov M.A. 400
Comprehensive analysis of vertical Migration of oil and petroleum products in the soil cover, phytotoxic effect, and biological activity of the soil. Tsmokalyuk N.M., Volosnikova G.A., Medvedev D.G. 403
Assessment of the impact of anthropogenic and seasonal factors on the water quality of the Amur River near Khabarovsk. Tsmokalyuk N.M., Volosnikova G.A., Medvedev D.G. 407
Comparative analysis of hot water generation systems based on alternative energy sources for public catering facilities. Dikarev G.A., Veselova N.M. 411
Genetic-adaptive methodology for assessing and managing information security risks in telecommunication networks. Dimov R.V., Romannikov A.N. 415
Intensification of vibration filtration modes for wastewater sludge suspensions during their disposal. Gordeev E.N., Kuzminykh O.V., Dobrinskaya A.A., Yuryev Yu.Yu. 418
Methodology for the Development of Multisensory Devices and Theories of Multisensory Performance in Modern Conditions. Epifantsev K.V. 422
A Study of the Prospects for Organizing Municipal Solid Waste Collection Sites in Residential Buildings Based on a Comparative Analysis of Volgograd and Tashkent. Karpushko E.N., Shchekochikhina E.V., Pavlova I.A., Nematzhonov A.N., Ulyanov N.S. 426
On the Theory of Technical Condition Reliability for Diagnosing and Assessing Ice Roads and Crossings. Kvitko A.V. 429
Determination of the Filtration Coefficient of a Fibrous Polymer Separator for Treating Oil-Containing Wastewater. Korneeva E.A. 432

Testing a Newly Designed Thin-Film Module for Wastewater Treatment at a Lithium-Ion Battery Manufacturing Facility. Liu Xueliang, Fedorov S.V. 435
Dependence of the Multilevel Compilation Structure on Internal Representation: An Example of the RyuJIT and HotSpot JIT Compilers. Mukhamedyarov A.A. 438
Methodology for Calculating the Stress State and Estimating the Lifespan of a Composite Rudder Rib. Olimov B.A., Koshkina A.O. 441
A System for Checking and Accounting for Linear Algebra Work. Aman E.E., Pushkina V.P., Titov V.E. 445
Application of the u-net Architecture with Pretrained Encoders for Segmenting Metal Surface Defects. Tolstykh V.O. 448
The Benefits of SOC in Countering Modern APT Attacks. Sharov G.K. 451

FINANCE. TAXATION. INSURANCE

A traceable accounting and information model of agribusiness as an innovative mechanism for financial reporting. Borisov A.S. 455
Sectoral asymmetry in the stability of global value chains under geoeconomic pressure. Wang Chen..... 459
Impulsive financial behavior of households in the digital environment: mechanisms of formation and tools for limiting it. Galaev N.N. 463
Forecasting the dynamics of the loan portfolio of the Russian banking sector for a three-year period (2026-2028). Akhmedov F.N., Kazankov D.K. 467
Modeling the volatility of financial returns: a review of methods and approaches. Koltyshev E.E. 470
Application of digital financial services to improve the financial stability of the population. Komoltsev M.O., Lagutin M.A. 474
The Role of Ecosystems in Promoting Banking Products for Small and Medium-Sized Enterprises. Kotlyarov S.A. 477
Long-Term Effects of Increasing the Key Rate on Regional Economic Growth. Lashkov E.I. 481
Evolution and Current Trends in Hedge Fund Development. Lomonosov A.A. 485
Use of Open APIs in the Russian Banking Sector. Markova O.M. 489
Problematic Aspects of Pre-IPO Valuation of Innovative Companies. Rabovil I.B. 493
Accounting and Analytical Support for Added Value Management in Green Tourism. Solomina I.Yu., Bastrykina T.S., Ostapchuk T.V. 497
Development and Testing of an Algorithm for Intelligent Payment Prioritization in Conditions of Limited Liquidity (using the Example of Oilfield Services Companies). Shaimardanova A.A., Ermakov V.A. 500
Harmonizing Monetary and Macroprudential Policies to Minimize the Output Gap: A Dsge-M-Fs Approach with a Regulator Loss Function. Yakovlev, N.D. 503

MATHEMATICAL, STATISTICAL, AND INSTRUMENTAL MODELING

Evaluating the Economic Efficiency of Implementing a Medical Decision Support System in Neurooncology. Alliti, D.B., Bezruchko, D.S., Ilyin, I.V 507
The Volatile Loss Coverage Ratio as a Tool for Assessing the Effectiveness of a Liquidity Provision Strategy (using Uniswap V3 as an Example). Andreev, M.S. 511
An Economic and Mathematical Model of the Distribution of Economic Events by Extreme Values. Baginov, I.P., Burlov, D.Yu. 515
A Methodology for Generating Derivative Geospatial Features and Building a Machine Learning Model for Assessing the Location Potential of Retail Facilities. Baidin P.I., Shvankin A.M. 519
Comparative Analysis of Decision-Making Models: Traditional and Machine Learning-Based. Varzar K.O. 523
Technical Analysis of the Securities Market. Grishin S.V. 526
Analysis of Dynamic Models of Interaction between Economic Systems. Gubareva E.A. 528
Application of Community Detection Methods in Transactional Graphs to the Problem of Managing the Stability of a Bank's Deposit Base: A Systematic Review. Devyatayev D.N., Kiseleva I.A. 533
Heterogeneity of the Causal The Effect of Transaction Lock-In on the Stability of Bank Deposits: An Analysis by Industry, Region, and Community Size. Devyatayev, D.N., Kiseleva, I.A. 537
Comparative Analysis of Hard and Fuzzy Clustering for RFM Segmentation of E-Commerce Clients Based on Open Data. Dudin, E.E., Voronin, B.V., Rassanov, I.S. 541
Development of a Methodological Approach to Forecasting the Risks of Manufacturing Projects Based on Neural Network Data Analysis. Dunayev, P.V. 545
Characteristics of Working with Data in Food Retail. Dyukanov, D.V. 549
Application of Differential Equations in Simulation Modeling of Business Processes in Anylogic. Klimuk, E.A. 551
Stylized Facts of Financial Time Series and Their Inclusion in Return Distribution Models. Koltyshev, E.E. 555
Big Data as a Tool for Innovative Transformation of Economic Research Methodology. Krylov, A.B. 559
Approaches to Solving Transport Routing Problems Based on Machine Learning Methods and Hybrid Models. Maiorov, E.E. 563
A Methodological Approach to Investment Decision-Making in the Context of Fuzzy Preferences and Blurred Initial Information. Nanikov, I.Ya. 566
A Visual-Comparative Approach to Studying Limits and Uncertainties. Titov, V.E. 571
A Differential Game Model of Oligopoly with R&D and Knowledge Spillover. Tkachev, S.A. 575
Comparative Analysis of Machine Learning Methods in Forecasting Power System Frequency. Ugryumov, I.A., Tsarkova, N.I. 580
Econometric Modeling of Demand for Polymer Pipes in Russia in the Context of a Volatile Construction Market: A Scenario Approach. Hakki Adnan Muhammad Ali, Sidorkin A.A. 583

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

The Activities of Restorers in Revitalizing Architectural Monuments in Kazan. Yao Lyubov, Emanova Yu.G., Yao M.K., Antonov I.G. 587
Regional Features of Modern Palestinian Building and Structure Architecture. Abdrabbo Ahmed Osama Mohammed 591
Transformation of Mashrabiya as a Climate-Oriented Architectural Principle in Modern Facade Architecture. Al-Rabadi Rana Bashir Eid 595
Economic Efficiency of Implementing Energy-Efficient Technologies in Major Renovations of Apartment Buildings in the Russian Federation. Arkhipova A.Yu., Bochenko I.V., Kostin D.S., Skalozub V.A., Zhelninsky V.A. 600
Improving the Efficiency of Construction Production by Optimizing the Logistics of Material and Technical Resources at the Construction Site. Berezkin I.D., Karachaeva N.D., Smirnov G.D., Zemskikh K.A., Bidov T.Kh. 602
Organizational and Technological Methods for Improving the Energy Efficiency of Major Repairs of Multi-Apartment Residential Buildings. Berezkin I.D., Karachaeva N.D., Smirnov G.D., Zemskikh K.A., Bidov T.Kh. 605
Analysis of Technological Failures during the Installation of 0.4–10 kV Cable Lines in Dense Urban Environments. Garipova K.M. 608
Justification of the Choice of Cable Line Installation Technologies in Dense Urban Environments Taking into Account Regulatory Restrictions. Garipova K.M. 612
Integrity of Sacred Space in Post-Soviet Russia, 1991–2025. Bik, O.V., Lavrentyev, A.A., Lavrentyev, I.A., and Nasyrov, N.R. 616
Urban Planning Analysis of a Small Capital Territory: Assessing the Potential and Structural Problems of Magas. Bochkareva, T.V. 619
Methodology for Assessing the Urban Planning Potential of a Small Capital Territory (using Magas as an Example). Bochkareva, T.V. 623
A Study of Modern Energy-Efficient Technological Solutions for the Reconstruction of Heating Systems in a Multi-Story Residential Building. Kustikova, Yu.O., Bubyr, A.A. 626
The Innovative Potential of Additive Technologies Based on Sulfur-Concrete Mixtures in Road Construction in Russia. Semenov, G.I., Mironov, N.S., and Vasiliev, Yu.E. 630
Features of Assessing the Bearing Capacity of Prefabricated Prismatic Reinforced Concrete Piles in the Design of Multi-Story Building Foundations on Soft Soils. Degtereva E.E., Duryagin K.M., Osokin A.I. 633
The Impact of Supply Logistics on the Dynamics of Finishing Work. Methods of Digital Adjustment of Work Schedules. Zakharova E. 636
The "City-Park" Concept in the Architecture of Modern Cultural and Sports Centers (Based on the Case of China). Ivina M.S., Xu Yiping 639
Modern Technologies for the Installation and Monitoring of Underground Structures in Dense Urban Environments. Ioshkin V.A. 643
Development of Construction Control Criteria Based on the Requirements of SP 543 in Urban Environments. Ioshkin V.A., Pomozov G.V. 646
Improving the Efficiency of Public Space Improvement at Different Stages of the Project Life Cycle. Karakhova S.A., Gaidashenko I.I., Brusentsev A.A., Idiyatova A.A., Borovkova A.E. 650
Recycling Technological Passport as a Tool for Organizational and Technological Management of Construction Waste during Building Demolition. Tuskaeva Z.R., Kirgueva D.P. 654
Structural Strengthening Technologies for Building Reconstruction. Konstantinov D.S., Malyshev N.S., Verchenko S.V., Khmelenko A.P., Silacheva D.D. 657
Construction Site Organization and Its Impact on Construction Timelines and Quality. Konstantinov D.S., Malyshev N.S., Verchenko S.V. ., Khmelenko A.P., Silacheva D.D. 659
Use of monolithic self-compacting concrete roll-free roofs in major repairs of apartment buildings. Koroteev D.D., Kharitonova M.S. 661
Estimation of the seismic resistance of reinforced concrete frame buildings with corrosion damage to reinforcement in columns. Kudryavtsev M.V., Inyushina K.P., Chendev F.Yu. 665
Revitalization of industrial heritage as a tool for transforming the urban environment of Kaliningrad. Gorodova M.N., Lisitsyna A.K., Ershova V.A. .. 668
An architectural approach to data visualization in digital twins of the urban environment. Lyutenko I.V., Sukin I.A. 671

Optimization of enterprise logistics flows using systems analysis methods and Python tools. Maiorov E.E. 675
Methodology for Calculating Heat Loss through External Enclosing Structures. Malygina, O.A., Salukvadze, G.V., Baev, E.A. 678
Improving the Energy Efficiency of Heating and Ventilation Systems in Residential Building Reconstruction. Malkova, S.R., Poryvaev, N.S., Popov, S.E., Malyshev, N.S., Leonov, K.V. 682
Construction of Metro Stations in Deep Pits (using Terekhovo Station as an Example). Man'ko, A.V., Malkova, A.S. 684
Improving the Quality Assessment of Work in the Construction of Monolithic Buildings. Mahamat Hashim Kijey, Mikhailova, E.V. 688
Factors Influencing the Design of Wellness Centers in Resort Towns with Local Center Status. Balakina, A.E., Makhno, A.A. 691
On the Problem of Strengthening the Upper Zone of a Steel Crane Runway Web with Fatigue Cracks. Mikhas'kin V.V. 695
Reengineering, Optimization, and Adaptation in Construction. Mikheev G.V., Gontar M.G., Narkhova S.E., Abramtsev E.G., Volkhin D.E..... 699
Perception of Structures in the Terrain Structure in Landscape Architecture. Medvedeva O.A., Panchuk N.N. 702
Inhibitory Protection of Building Metal Structures from Corrosion. Churikova V.I., Parenkina Ya.D., Gabova V.V., Fomichev V.T., Chicherina G.V. 705
Distribution of Forces in a Multi-Tier Pile-Anchor Structure with Localized Loads on Terraces. Pashov S.N. 710
Development of the Interior of a Common Room. Pyatkov A.S. 713
Calculation of the Thermal Stress-Strain State of Permafrost Building Foundations Taking into Account Emergency Leaks from Utilities. Rabinovich, M.V. 717
Research and Development of Wave Technology for the Construction of Hazardous Waste Storage Facilities in Permafrost Rocks of the Far North. Rusakov, I.V., Bukharov, A.V., Sitnikov, V.M. 720
The Effect of Microsilica on the Properties of High-Strength Concrete in Syria. Hamud Safaa, Cheve Kaluba, M. Rynkovskaya, Yordanos Mogse Girma 723
The Impact of Roadway Rehabilitation Technology on the Transport and Operational Performance of a Highway. Shvachev, D.P., Shaposhnikov, E.V., Soldatov, A.A., Yashin, S.O., Lozikova, Yu.G. 727
Integration of Security Systems: The Role of the Ministry of Emergency Situations of Russia in Ensuring Territory Protection in the Context of the Digital Transformation of the Urban Environment. Stepanova, I.A. 731
Construction Conditions on the Surface of Mars from the Perspective of Ionizing Radiation. Florensky, V.M., Belov, V.V., Morozenko, A.A. 735
Seismic Zoning of Mars. Florensky, V.M., Belov, V.V., Cherkasova, L.I. 739
Study of Thermal Deformations of Gas Pipelines and the Compensating Capacity of Branches. Efremova, T.V., Frolov, V.N. 743
Ensuring the Preservation of Surrounding Developments during New Construction in Dense Urban Environments. Cherednichenko, T.F., Tukhareli, V.D., Burnyasheva, E.I. 745
An Integrated Approach to Building Reconstruction Based on Digital Twins: A Combination of BIM Modeling and Terrestrial Laser Scanning. Shikhovtsov A.A., Chistobaeva S.B., Chistobaev M.N., Svintsitsky D.L., Popova E.G. 749
On Determining the Nonlinear Stiffness of a Reinforced Concrete Excavation Pit Wall. Kolesnik D.S., Sheina E.A., Bashmakov I.B., Osokin A.I..... 752
A Mathematical Model of Concrete Heating Using Heating Wires. Shikhshinatova M.M. 757
Architectural and Spatial Transformation and Modernization of Sea Cruise Tourism Infrastructure in Russia: A Systematic Analytical Review of the Scientific and Theoretical Framework. Shleptsova A.Yu., Sabitov L.S., Nabiullina K.R. 761
Improving the Design Method for Reconstructed Building Foundations Reinforced with Piles, Taking into Account Settlements Not Exceeding Permissible Limits. Polischuk A.I., Shmidt O.A., Kharitonov A.Yu. 765
Analysis of Violations during Installation of Engineering Systems Based on Data from a Digital Construction Inspection Reporting System and Its Application to Configuring Risk-Based Inspection Procedures (Based on the SLAVA-4 Business Center, Moscow). Shakhramanyan A.M., Shokirov M.Sh.O. 769
Modern Approaches to the Architectural Organization of Medical and Psychological Rehabilitation Centers for PTSD Patients. Romanov D.A., Shumanskaya E.V..... 773
Ecological Architecture of the North Caucasus Today: Problems and Prospects. Balikoev A.A., Lukomskaya A.V., Pogosova A.G., Tedeeva A.A., Tsavkaeva V.Kh. 777
Geometry of Buildings in the Moscow-City Architectural Complex from the Perspective of Computer 3D Modeling. Ivaschenko A.V., Vavanov D.A..... 780
Methodology for the use of local treatment facilities for cleaning surface runoff from highways (on (Example of site A-122). Vyazova E.V., Grigoriev S.G., Grigorieva S.G., Eremeeva S.S., Bichurina S.U. 782
The Ideal City of the Teutonic Order: Formation of the Structure and Rules of Urban Life. Green I.Yu. 786
Geopolymer Building Materials Based on Red Mud. Keita Mohamed Lamin Fatoumata, Pilipenko A.S. 790